

Univerzita Karlova v Praze

1. lékařská fakulta

Studijní obor: Lékařská biofyzika



MUDr. Kamal Mezian

Muskuloskeletální ultrasonografie

Možnosti využití u vybraných morfologických změn na dolní končetině

Musculoskeletal ultrasound

Possibilities of selected morphological changes evaluation in the lower extremity

Typ závěrečné práce

Disertační

Vedoucí závěrečné práce/Školitel:

prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA

Praha, 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem řádně uvedl a citoval všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 14.12. 2017

MUDr. Kamal Mezian

Podpis:

Identifikační záznam:

MEZIAN, Kamal. Muskuloskeletální ultrasonografie-možnosti využití u vybraných morfologických změn na dolní končetině. [Musculoskeletal ultrasound-possibilities of selected morphological changes evaluation in the lower extremity]. Praha, 2017. 89 s., 3 příl. Disertační práce (Ph.D.). ČVUT FBMI, Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva. Vedoucí práce Navrátil, Leoš.

Poděkování

Poděkování patří mému školiteli prof. MUDr. Leoši Navrátilovi, CSc., MBA za trpělivost, ochotu a opakované dodání odvahy.

Abstrakt

Cílem je ověření hypotéz morfologických změn kloubní chrupavky distální epifýzy femuru (dále jen „DFC“), tendo calcaneus (dále jen „AT“) a aponeurosis plantaris (dále jen „PF“) u mladých žen nosících obuv s antepedální tlakovou redistribucí (dále jen „OATR“). K popisu výše zmíněných struktur je použita ultrasonografická metoda (dále jen „US“). Výzkumný soubor čítá 910 naměřených hodnot vybraných parametrů u celkem 91 subjektů. Nálezem u žen nosících OATR (> 5 cm; v posledních dvou letech kontinuálně déle než pět hodin, alespoň pět dní v týdnu) ($N = 34$; věk $31,1 \pm 6,4$ let; BMI $21,6 \pm 2,3 \text{ kg.m}^{-2}$) je hypertrofie pravé DFC ($2,00 \pm 0,41 \text{ mm}$) a levostranné AT ($4,07 \pm 0,48 \text{ mm}$) oproti skupině kontrolní ($N = 57$; věk $29,5 \pm 7,3$ let; $22,5 \pm 3,4 \text{ kg.m}^{-2}$) ($1,96 \pm 0,35 \text{ mm}$; $3,76 \pm 0,66 \text{ mm}$). Morfologie PF se signifikantně neliší.

Zjištěné skutečnosti morfologických změn DFC a AT u žen často nosících OATR upozorňují na nezbytnost dalšího výzkumu věnovaného tomuto módnímu trendu s ohledem na prevenci degenerativních onemocnění pohybového aparátu.

Vedlejším cílem je příspěvek k využití US u vybraných muskuloskeletálních onemocnění dolní končetiny formou výsledků kvalitativní výzkumné práce. Diskutován je diagnostický význam US u dvou původních kazuistik: 1. oboustranné ruptury m. rectus femoris u pacienta užívajícího atorvastatin, 2. schwannom n. ischiadicus v gluteální krajině.

Klíčová slova: muskuloskeletální ultrasonografie, obuv s antepedální tlakovou redistribucí, distální femorální chrupavka, Achillova šlacha, plantární fascie

Abstract

The aim is to investigate whether the distal femoral cartilage (DFC), Achilles tendon (AT) and plantar fascia (PF) were different between healthy young women wearing high-heel shoes (HHS) (> 5 cm) and flat shoes (< 1.4 cm). Measurements from aforementioned structures were obtained by using ultrasound. There were 910 measurement parameters analyzed in total. There were 34 women in the HHS group (mean age 31.1 ± 6.4 years; BMI 21.6 ± 2.3 kg/m²) and 57 women in the control group (mean age; 29.5 ± 7.3 years; BMI 22.5 ± 3.4 kg/m²). Wearing HHS resulted in thickening of the right medial DFC (2.00 ± 0.41 mm) and left AT (4.07 ± 0.48 mm) in women wearing HHS compared to flat shoes (1.96 ± 0.35 mm, 3.76 ± 0.66 mm, respectively). This might be interpreted as secondary to chronic overload. PF thicknesses were similar both within and between group.

Our findings have shown significant thickening of the right medial DFC and left AT in women wearing HHS and these changes might be interpreted as secondary to chronic overload. Further follow-up studies are definitely awaited to provide a better insight into understanding the musculoskeletal consequences of this “social” issue ever-existing in ladies lives.

The secondary aim of the thesis comprises two case reports: 1. the first is describing the usefulness of MSK US in a case of bilateral rectus femoris muscle rupture following atorvastatin medication, 2. the second is pertaining to the US diagnosis of sciatic nerve schwannoma in the gluteal region.

Key words: musculoskeletal ultrasound, high-heeled shoes, distal femoral cartilage, Achilles tendon, plantar fascia

Obsah

Seznam zkratek a vysvětlivek používaných v ultrasonografické terminologii

1. Úvod

2. Muskuloskeletální ultrasonografie

2.1 Historie

2.2 Biofyzikální princip a možná rizika

2.2.1 Princip ultrazvukového zobrazování

2.2.2 Vývoj ultrazvukové techniky

2.2.3 Biologická rizika

2.2.4 Interpretační rizika

2.3 Využití v klinické praxi

3. Problematika nošení obuvi s antepedální tlakovou redistribucí na pohybový aparát

4. Hypotézy a cíle

5. Materiál a metodika

5.1 Výzkumný soubor

5.2 Přístrojové vybavení

5.3 Metodika měření

5.4 Statistická analýza

6. Výsledky

6.1 Vliv dlouhodobého nošení obuvi s antepedální tlakovou redistribucí na výšku distální femorální chrupavky

6.2 Vliv dlouhodobého nošení obuvi s antepedální tlakovou redistribucí na předozadní rozměr Achillovy šlachy

6.3 Vliv dlouhodobého nošení obuvi s antepedální tlakovou redistribucí na šířku plantární fascie

7. Diskuze

7.1 Vliv nošení obuvi s antepedální tlakovou redistribucí na vybrané struktury dolní končetiny

7.2 Příspěvek k využití ultrasonografie u vybraných muskuloskeletálních onemocnění dolní končetiny

7.2.1 Schwannom n. ischiadicus

7.2.2 Ruptura m. rectus femoris

8. Závěry

9. Literatura

10. Seznam obrázků a tabulek

11. Přílohy

Seznam zkratek a vysvětlivek ustálených v ultrasonografické terminologii

1. LF UK	1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy
AIUM	American Institute of Ultrasound in Medicine
AT	tendo calcaneus = Achillova šlacha (Achilles Tendon)
CSA	příčný průřez (Cross Sectional Area)
CT	výpočetní tomografie (Computed Tomography)
CW	kontinuální nosná vlna (Continuous Wave)
D	rozměr (Dimension)
DFC	kloubní chrupavka distální epifýzy femuru = distální femorální chrupavka (Distal Femoral Cartilage)
ESSR	European Society of Musculoskeletal Radiology
EULAR	European League Against Rheumatism
FBMI	Fakulta biomedicínského inženýrství Českého vysokého učení technického v Praze
Hlezno	Krajina hlezenního kloubu a nohy
ICA	interkondylická oblast (Intercondylar Area)
Koleno	krajina kolenního kloubu
Kyčel	krajina kyčelního kloubu
LFC	laterální kondyl femuru (Lateral Femoral Condyle)
Lig.	ligamentum
Loket	krajina loketní
MFC	mediální kondyl femuru (Medial Femoral Condyle)
MR	nukleární magnetická rezonance
MSK	muskuloskeletální
OATR	obuv s antepedální tlakovou redistribucí
PF	aponeurosis plantaris = plantární fascie (Plantar Fascia)
PW	pulzní nosná vlna (Pulse Wave)
Rameno	krajina ramenní
SIJ	sakroilický kloub (Sacroiliac Joint)
SKT	syndrom karpálního tunelu
SPSS	Statistical Package for Social Sciences

SUS entrapment syndrom n. ulnaris v oblasti sulcus n. ulnaris

US ultrasonografie

Zápěstí krajina zápěstí a ruky

1. ÚVOD

Onemocnění svalové a kosterní soustavy jsou svým výskytem jedna z nejčastějších, která postihují populaci v produktivním věku. Dle údajů Ústavu zdravotnických informací a statistiky z roku 2016 se tato onemocnění ze sledovaných skupin dle MKN (Mezinárodní Klasifikace Nemocí) na celkovém počtu dnů v pracovní neschopnosti podílela nejvíce (30,6 %) (ÚZIS, 2017). K nejčastějším patří onemocnění degenerativního původu, na kterých se podílí vlivy životního stylu. K často obviňovaným patří módní trend nošení obuvi s antepedální tlakovou redistribucí (dále jen „OATR“). Odhady uvádějí, že až 40 % žen v produktivním věku nosí OATR pravidelně. Dlouhodobé nošení však bývá spojováno s řadou nežádoucích vlivů na pohybový aparát. Robert Csapo se spoluautory v roce 2010 dokumentovali u žen nosících OATR rozšíření Achillovy šlachy (Csapo R. et al., 2010). V systematickém přehledovém článku biomechanických prací z roku 2012 Robert Radzimski nachází při nošení OATR zvýšení nároků na kolenní klouby (Radzimski AO. et al., 2012). Maxwell Barnish se spoluautory v roce 2017 publikovali systematický přehledový článek laboratorních studií a epidemiologických dat (Barnish M. et al., 2017). Uvádějí u těchto žen zvýšení rizika rozvoje halluces valgus, poranění hlezna a muskuloskeletální bolesti. Vlivem nošení OATR na pohybový aparát se zabývala řada prací, jen minimum z nich však zaměřilo svoji pozornost na přímé studium morfologických změn na dolní končetině.

K morfologickému posouzení vybraných struktur pohybového aparátu se v poslední dekádě začalo hojně využívat ultrasonografických metod. K technickému vývoji, stejně jako ke každodenní interpretaci nálezů je používáno znalostí fyzikálních principů interakce ultrazvuku s tkáněmi. Ultrasonografie dnes patří mezi nejrozšířenější a nejsnáze dostupné moderní zobrazovací metody. Je to dáno opakovatelností, neinvazivitou, zobrazením v reálném čase, absencí ionizujícího záření, portabilitou a relativně nízkou cenou. Tato metoda prakticky nemá kontraindikace. Díky kvalitní práci odborníků ve fyzikálních oborech se přístrojová technika vylepšila natolik, že je dnes možné ultrazvukem detailně zobrazit i diskrétní struktury např. periferní nervy, jejichž vizualizace byla v nedávné minulosti obtížná.

V práci se budeme zabývat studiem vlivu nošení OATR na specifické struktury dolní končetiny, které jsou přístupné ultrazvukovému vyšetření a jsou podle dostupných literárních dat

ve zvýšeném riziku nadměrného přetěžování. Dále bude diskutován přínos muskuloskeletální ultrasonografie v klinické praxi.

2. MUSKULOSKELETÁLNÍ ULTRASONOGRAFIE

2.1 Historie

Objev ultrazvuku je důležitým milníkem v dějinách fyziky a medicíny. Za objevitele je považován italský biolog Lazzar Spallanzani, který v roce 1794 demonstroval schopnost netopýrů orientovat se ve tmě pomocí odrazů vysokofrekvenčního, člověkem neslyšitelného, zvuku. Britský fyzik Thomas Young v roce 1801 na světle doložil a vysvětlil princip interference. V roce 1826 švýcarský fyzik Jean-Daniel Colladon změřil v Ženevském jezeře rychlost zvuku ve vodě a prokázal, že se zde šíří rychleji než ve vzduchu. Pro pozdější vývoj byl zásadní objev Dopplerova jevu, který jako vlastnost světla v roce 1843 popsal rakouský fyzik Christian Andreas Doppler (Doppler CA., 1843) (obr. 1).



Obr. 1. Christian Andreas Doppler (1803–1853) působil svého času jako profesor matematiky a geometrie v pražském Polytechnickém institutu.

Fyzikální zákonitosti akustiky byly v roce 1856 zpracovány jedním z prvních lékařských biofyziků, Skotem Neilem Arnottem v knize *Elements of Physics*. Na třinácti stranách je zde zpracována kapitola *Acoustics or doctrines of sound*. Matematický popis fyzikálních zákonitostí akustiky publikovali v roce 1877 britští fyzikové John William Strutt a Baron Rayleigh. Zásadním milníkem bylo v roce 1916 zkonstruování piezoelektrického měniče francouzským fyzikem

Paulem Langeviem na principu přímého piezoelektrického jevu, objeveného fyziky bratry Pierrem a Jacquesem Curieovými v roce 1880. K rozvoji poznání ultrazvuku přispěl i rozvoj podmořské echolokace po potopení Titanicu v roce 1912. V roce 1928 sovětský fyzik Sergej Sokolov navrhl metodu detekce defektů v kovových materiálech. Důležitý zlom nastal ve čtyřicátých letech dvacátého století, kdy americký fyzik Floyd Alburn Firestone sestrojil první ultrazvukový defektoskop.

V roce 1942 rakouský vědec s kořeny v Československu Karl Theodore Dussik publikoval metodu elektrické detekce ultrazvuku se záměrem diagnostiky mozkových nádorů a vizualizace mozkových komor. V roce 1955 japonský fyzik Shigeo Satomura zahájil používání Dopplerova jevu v lékařství. Jedním z prvních na světě, kdo ultrazvukovým defektoskopem pozoroval orgány břišní, byl profesor Milan Jirsa z I. interní kliniky tehdejší Fakultní nemocnice a Fakulty všeobecného lékařství Univerzity Karlovy v Praze. Pionýrem ultrasonografie (dále jen „US“) v gynekologii a porodnictví u nás se stal prof. MUDr. Evžen Čech, DrSc. Použití dopplerovských metod v Československu rozvíjel doc. MUDr. Milan Nevrtal, CSc. Dále se o rozvoj US u nás zasloužil prof. MUDr. Ivo Hrazdira, DrSc., např. výzkumem v oblasti biologických účinků ultrazvuku a autorstvím řady učebních textů.

Ultrasonografie byla historicky doménou oboru zobrazovacích metod. Některá speciální vyšetření však postupně přešla do kompetence jiných odborností (např. kardiologie, neurologie, gastroenterologie, gynekologie a porodnictví). Pohybový systém se začal pomocí US vyšetřovat společně s rozvojem přístrojové techniky.

Se jménem Karla Theodora Dussika se pojí také první historicky dokumentovaná aplikace muskuloskeletální (dále jen „MSK“) US. Dussik prokázal zeslabení ultrazvukového svazku při průchodu periartikulárními tkáněmi. Další aplikace MSK US se datují okolo sedmdesátých let minulého století v souvislosti s použitím B-módu k odlišení Bakerovy pseudocysty od tromboflebitidy americkými lékaři Danielem McDonaldeem a Georgem Leopoldem. S použitím 5 MHz sondy popisují Cooperberg se spoluautory použití US k průkazu synovitidy u pacientů s revmatoidní artritidou. Později byla popsána technika US vyšetření ramenního kloubu. V důsledku nižší rozlišovací schopnosti bylo doménou zejména vyšetřování kloubního výpotku a náplně burz, vznikl pojem artrosonografie. V roce 1980 popsal rakouský ortoped Graf sonografické vyšetření kyčelního kloubu u novorozenců. V současnosti je tato technika rutinně využívána k časné diagnostice dysplazie kyčelních kloubů, kde již nahradila rentgenové vyšetření.

V roce 1988 publikovali De Flaviis se spolupracovníky US nálezy kostních erozí na rukou dvaceti nemocných s revmatoidní artritidou. V devadesátých letech publikovali Mellerowicz se spoluautory sdělení popisující využití US vyšetření ve sportovní medicíně. Možnosti použití funkce power Doppler při průkazu synovity popsal Newman se spolupracovníky v roce 1994. Následně demonstrovali Weinberg se spoluautory průkaz vaskularizace ligamentum (dále jen „lig.“) patellae pomocí barevného a silového doppleru. V roce 1996 popsal italský radiolog Carlo Martinoli US vyšetření periferních nervů. V roce 2003 publikovali Koen Peers se spoluautory práci studující korelaci sonografického a klinického nálezu u zánětu Achillovy šlachy (tendo calcaneus). Průkopníkem u nás se stal doc. MUDr. Luboš Hrazdira, CSc., např. svými pracemi v oblasti instability hlezna, trojrozměrného zobrazení a onkologické diagnostiky v MSK US. Oblast použití US v revmatologii svou prací obohatila prim. MUDr. Jindřiška Gatterová.

2.2 Biofyzikální princip a možná rizika

2.2.1 Princip ultrazvukového zobrazování

Ultrazvuk je člověkem neslyšitelné mechanické vlnění hmotného prostředí s frekvencí vyšší než 20 kHz. V případě diagnostické US jsou používány frekvence v megahertzové oblasti. Ultrazvuk se ve tkáních a tekutinách lidského těla šíří typicky formou podélného vlnění. Na zdroj navazuje krátká oblast blízkého pole (Fresnelovo) s velkými výkyvy tlaku a dále oblast pole vzdáleného (Fraunhoferovo), kde je tlakové pole homogennější (Hrazdira I., 2011).

Ultrazvukové vlnění v daném prostředí je popsáno frekvencí f , vlnovou délkou λ a rychlostí šíření vlny

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

S použitím vztahu pro úhlovou frekvenci

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

pro vlnovou délku platí

$$\lambda = \frac{c}{f} = 2\pi \cdot \frac{c}{\omega}.$$

Vektorová veličina akustická rychlost v vyjadřuje rychlost kmitavého pohybu částic prostředí. Protože její hodnota se v čase t mění podle vztahu,

$$v = v_0 \cdot \cos \omega t$$

kde v_0 označuje amplitudu akustické rychlosti, používá se její efektivní hodnota

$$v_{\text{ef}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot v_0.$$

Akustický tlak daný periodickým zhušťováním a zředňováním prostředí závisí na rychlosti kmitání částic tohoto prostředí. Efektivní hodnota p_{ef} této skalární veličiny je dána vztahem,

$$p_{\text{ef}} = v_{\text{ef}} \cdot \rho \cdot c$$

kde ρ označuje hustotu prostředí. Rychlost šíření ultrazvuku c v měkkých tkáních, které jsou zejména předmětem US zobrazování, se pohybuje přibližně kolem $1540 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Závisí na modulu elastické pružnosti daného prostředí K dle vztahu

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}.$$

Principem US zobrazení je odraz zvuku na jednotlivých tkáňových rozhraních, lišících se svými akustickými impedancemi Z (tabulka 1). Akustická impedance prostředí je poměrem p_{ef} a v_{ef} dle vztahu

$$Z = \frac{p_{\text{ef}}}{v_{\text{ef}}} = \frac{v_{\text{ef}} \cdot \rho \cdot c}{v_{\text{ef}}} = \rho \cdot c.$$

Množství akustické energie odražené na dvou akustických rozhraních o impedancích Z_1 a Z_2 je popsána koeficientem odrazu R dle vztahu.

$$R = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2$$

Míra odrazu je rovněž ovlivněna úhlem dopadu vyslaného ultrazvukového svazku. Podle intenzity a časového zpoždění zpětného ultrazvukového svazku je sestaven výsledný obraz. Intenzita ultrazvuku I je výkon P vztažený na jednotku plochy orientované kolmo na směr šíření a je dána součinem efektivních hodnot akustické rychlosti v_{ef} a tlaku

$$p_{\text{ef}}: I = \frac{P}{S} = v_{\text{ef}} \cdot p_{\text{ef}}.$$

Intenzita ultrazvuku je při průchodu tkáněmi tlumena v závislosti na vlastnostech prostředí a na frekvenci ultrazvuku. S použitím vyšších frekvencí dochází k většímu útlumu a zobrazení hlubších struktur je limitováno.

Intenzita klesá exponenciálně se vzdáleností,

$$I = I_0 \cdot e^{-a \cdot d}$$

kde I_0 je počáteční intenzita, e označuje Eulerovo číslo, d je vzdálenost (tloušťka vrstvy prostředí) a a je koeficient atenuace. Jednotkou intenzity je $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Tab. 1. Hodnoty akustické impedance Z a rychlosti ultrazvuku c ve vybraných prostředích (Navrátil L. et Rosina J., 2005).

Prostředí	$\frac{Z}{10^6 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}}$	$\frac{c}{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$
Krev	1,62	1580
Kost	3,75 – 7,38	3360
Mozek	1,55 – 1,66	1538
Játra	1,64	1570
Sval	1,65 – 1,74	1568
Voda	1,5	1500
Vzduch	0,0004	340

Vznik ultrazvukového obrazu

Ultrazvukové kmity lze získat mechanickými, magnetostrikčními nebo piezoelektrickými generátory (Rosina J. et al., 2013). Mechanické generátory (např. píšťaly a ladičky) produkují ultrazvuk nízkých frekvencí i výkonů a jejich využití v lékařství je omezené. Magnetostrikční jev je pro svou schopnost generování vysokých výkonů využíván v zubním lékařství a ultrazvukové chirurgii. V diagnostické US se využívá nepřímý piezoelektrický jev. Zdrojem vlnění jsou piezoelektrické krystaly generující elektrické napětí při své deformaci a opačně (Rand E. et al., 2016). Jako generátor a zároveň přijímač ultrazvukového vlnění je využíván vybroušený krystal křemene, turmalínu, Siegetovy soli nebo uměle připravené keramické materiály (Beneš J. et al., 2015). Destička z vhodného materiálu je na protilehlých koncích opatřena elektrodami, kam je

přiváděno vysokofrekvenční střídavé napětí. Frekvence kmitání destičky je závislá na frekvenci střídavého napětí.

Prostředí je z akustického hlediska popsáno rychlostí šíření, akustickou impedancí a útlumem (Hrazdira I., 2003). Přibližně platí, že míra absorpce je přímo úměrná frekvenci a s rostoucí frekvencí klesá jeho pronikavost do hloubky. Naopak s vyšší frekvencí se zlepšuje kvalita zobrazení povrchněji uloženého objektu. Za předpokladu homogenní tkáně je přístroj schopen, dle časového zpoždění, určit vzdálenost sondy od rozhraní, na kterém došlo k odrazu. Síla odrazu souvisí s rozdílem akustických impedancí na daném rozhraní. Odražený ultrazvukový signál se vrací zpět k sondě, kde je registrován (Hrazdira I. et al., 2006).

Zpracování obrazu zajišťuje počítačová technika. Analogový signál přicházející z piezoelektrického měniče je následně analogově-digitálním převodníkem převeden do číselné podoby. V současné době se používá dynamické plošné zobrazení s rychlým snímáním, širokou škálou stupnice šedi (256–512) a vytvořením postupné série obrazů vyšetřované krajiny, která umožňuje její souvislé prohlédnutí včetně možnosti sledování pohybu v reálném čase (Hrazdira L. et Skotáková J., 2006). Rozlišovací schopnost US zobrazení představuje nejmenší vzdálenost mezi dvěma samostatně rozlišitelnými body. Závisí na použité zobrazovací frekvenci, hloubce uložení struktury, akustických vlastnostech prostředí, délce ultrazvukového impulsu, konstrukci sond a zpracování obrazu. Rozlišovací schopnost má axiální (ve směru šíření vlny) a laterální (kolmo na směr šíření vlny) složku. Axiální rozlišovací schopnost roste s frekvencí použitého ultrazvukového svazku. Laterální rozlišení je dáno šířkou svazků vyslaných ultrazvukových paprsků a je možné jej ovlivnit fokusací. Dalším aspektem je rozlišení v čase, které je dáno obnovovací frekvencí (Miguez D. et al., 2017).

Dopplerovské metody

Je zde využíván princip závislosti frekvence vlnění na rychlosti a směru pohybu objektu k ultrazvukové sondě či od ní. Amplituda odražené vlny je úměrná druhé mocnině celkového počtu elementárních reflektorů. Rozdíl f_d mezi frekvencí vyslané vlny f_v a vlny přijaté po odrazu od pohybujících se krvinek, je úměrný její rychlosti a kosinu insonačního úhlu α dle vztahu:

$$f_d = \frac{2 \cdot f_v \cdot v \cdot \cos \alpha}{c},$$

kde c označuje rychlost šíření ultrazvuku v krvi a v je rychlost pohybu krve. Při dopplerovských úhlech vyšších než 60° může být chyba při měření rychlostí kritická (Hrazdira I., 2011).

2.2.2 Vývoj ultrazvukové techniky

Sonoelastografie

Představuje moderní vyšetřovací metodu hodnotící tuhost tkáně podle stupně tlakové deformace (Sigrist RMS. et al., 2017). Metoda se začala vyvíjet v souvislosti s potřebou přesnější diagnostiky nádorových onemocnění prsu. Na základě měření odpovědi na silové působení na vyšetřovanou strukturu je rekonstruována informace o jejích mechanických vlastnostech (Beneš J. et al., 2015). Princip metody je založen na skutečnosti, že se některé patologické změny projeví změnami viskoelastickými vlastnostmi tkání. S vědomím jistého zjednodušení lze za základní veličinu charakterizující elastické vlastnosti tkání považovat Youngův modul pružnosti E , který je dle Hookova zákona přímo úměrný působícímu napětí σ a nepřímo úměrný deformaci ε :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}.$$

Elastické vlastnosti tkání jsou podmíněny především složením mezibuněčné hmoty pojivové tkáně. V případě kompresní elastografie (Strain Elastography) je objekt manuálně komprimován tlakem sondy přes kůži pacienta (Ryu J. et Jeong WK., 2017). Rekonstrukce vnitřní struktury měkkých tkání měřením odpovědi na povrchový tlak se realizuje pomocí mechanických senzorů. V prvním kroku zobrazení je rozsah posunutí tkání zjišťován pomocí ultrazvukových signálů odražených z vyšetřované oblasti před a po kompresi. Ve druhém kroku se k rekonstrukci uskutečněného posunutí využívá kombinované autokorelace ve spojení s metodou konečných elementů. Elastogram je superponován na černobílý obraz B-módu. Metoda má pomocný význam v diferenciaci mezi benigními a maligními ložisky (Hrazdira I. et al., 2013).

U elastografie střížnými vlnami (Shear Wave Elastography) se namísto manuálního tlaku na kůži využívá tlakového impulsu elektronicky vytvářené radiační síly ultrazvukové vlny a „supersonického zobrazení“ (až 20 000 snímků za sekundu) (Hrazdira I. et al., 2013). Akustické komprese je dosahováno dlouhými opakovanými fokusovanými pulzy vysílanými ultrazvukovou sondou podél zobrazovací linie. Metoda využívá vibrací produkovaných sondou nebo separátně uloženým vibrátorem. Akustické střížné vlny se tkáněmi šíří pomaleji než podélné tlakové vlny

a jejich rychlost je úměrná Youngovu modulu. Změřením rychlosti příčných vln c_s lze vyjádřit Youngův modul E a tím i elasticitu měřené oblasti (Hrazdira I., 2011):

$$E = 3 \cdot \rho \cdot c_s^2 .$$

Na rozdíl od kompresní elastografie je zde kvantitativní informace o tkáňové elasticitě na barevné škále sonoelastogramu kalibrována (Hrazdira I., 2011; Paluch Ł. et al., 2016). Technici vyvíjí elastografii kontinuálními vlnami a „3D Shear Wave Elastografii“ (Taljanovic MS. et al., 2017). V současné době nachází elastografie významné uplatnění ve vyšetření jater (Sigrist RMS. et al., 2017). Dále se elastografie používá při vyšetření prsu, prostaty a štítné žlázy (Woo S. et al., 2017; Winn N. et al., 2016). Využitím změn mechanických vlastností maligních nádorů se elastografie začíná uplatňovat i v dalších onkologických indikacích. V muskuloskeletální medicíně je používána zejména k vyšetření mechanických vlastností šlach (Ryu J. et Jeong WK., 2017; Kim SJ. et al., 2016). Možnosti elastografie jsou dále zkoumány při diagnostice myopatií (Mathevon L. et al., 2017). Možností jejího dalšího využití je detekce „trigger pointů“. Tato metoda však má jisté limitace, zejména v souvislosti s problematickou interpretací hraničních nálezů. Jedná se však o významný doplněk zobrazení v B-módu (Hrazdira I., 2013).

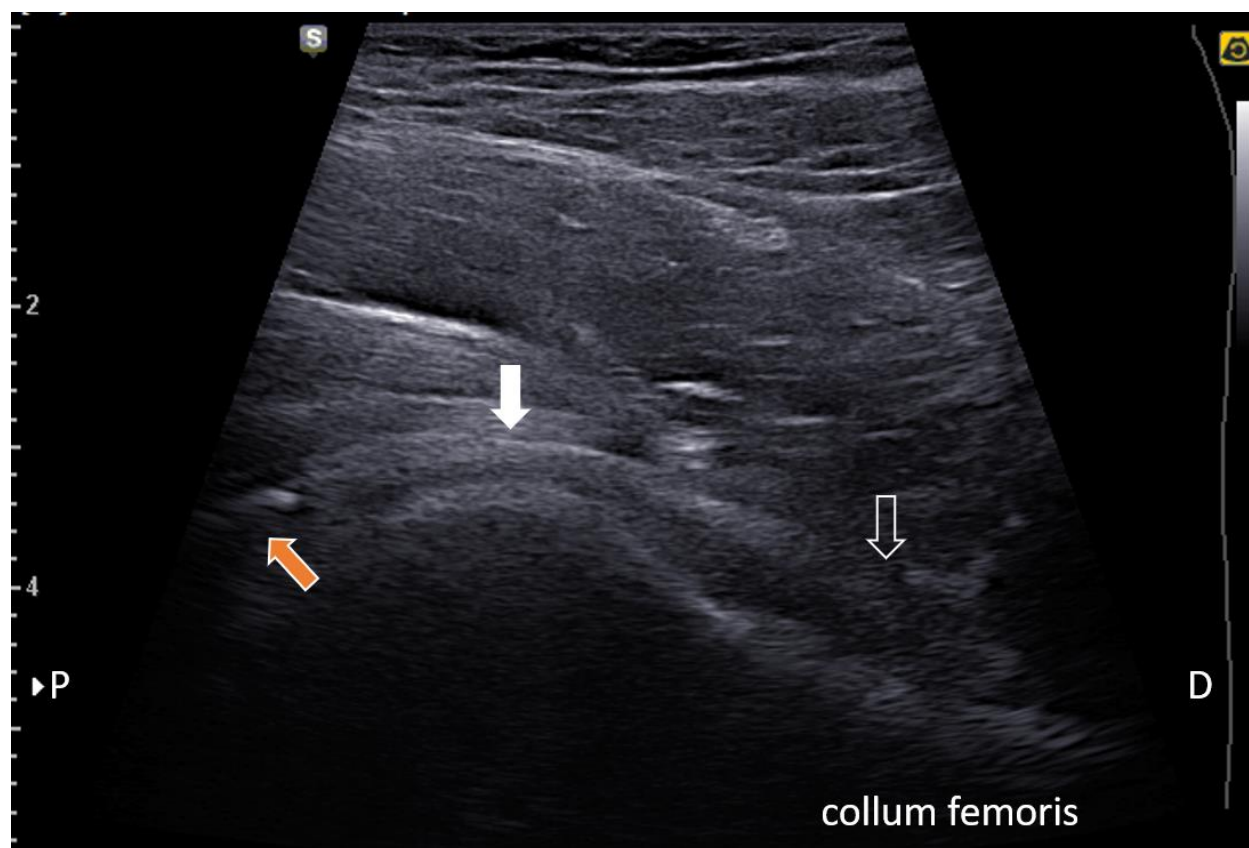
Zobrazení jehly (Beam Steering)

Pro redukci anizotropie při injekční intervenci disponují některé US přístroje funkcí zvýraznění zobrazení jehly (Beam Steering) nastavující optimální úhel ultrazvukového svazku vzhledem k jehle. Některé novější sondy jsou opatřeny čidly k přesnému navádění speciálních jehel při intervencích.

Zlepšení kvality zobrazení v B-módu

B-mód využívá jasové modulace. Jednotlivé odražené vlny jsou zobrazeny na displeji US přístroje jako pixely o různém jasu (256–512 odstínů šedi). Čím vyšší je intenzita odražené vlny, tím vyšší je jas odpovídajícího pixelu. Používá se zobrazení dynamického typu s vytvořením série obrazů vyšetřované krajiny. Umožňuje i sledování pohybu, vzniká tedy zobrazení v „reálném čase“. Zobrazení B je dvojrozměrné a tvoří základ US diagnostiky poskytnutím základní morfologické informace (Hrazdira I., 2011). Rovina řezu je vymezena tvarem ultrazvukového pole, které je dáno uspořádáním piezoelektrických měničů. Pravoúhlé zobrazení poskytují lineární sondy, které mají

piezoelektrické krystaly uspořádaný do souvislé řady jeden vedle druhého. Některé moderní přístroje nabízí na lineární sondě „simulaci konvexního zobrazení“ trapezoidní funkcí (Virtual Convex) (obr. 2).



Obr. 2. Longitudinální sonogram ventrální strany kyčelního kloubu použitím funkce Virtual Convex. Hlavice femuru (bílá šipka), kloubní pouzdro (prázdná šipka), acetabulum a labrum acetabulare (oranžová šipka). Lineární zobrazení je zde změněno na lichoběžníkové, rozšiřující pohled ve vzdáleném poli sondy.

U sektorových sond dochází k pootočení piezokrystalů o malý úhel s následným opakováním zobrazení. Výhodou je možnost vyšetření oblasti z poměrně malého akustického okna. V MSK US je někdy tento typ sondy využíván při vyšetření menisků kolenního kloubu. V kardiologii je sektorová sonda důležitá při transtorakální echokardiografii. Kombinované zobrazení oběma předchozími způsoby nabízí sondy konvexní. Existují však i další modifikace uspořádání měničů (Hrazdira I., 2011). Duplexní režim je kombinací dvojrozměrného dynamického zobrazení a dopplerovského měření rychlosti (Hrazdira I. et al., 1998). Funkcí pro snížení anizotropie a zvýšení kontrastního rozlišení obrazu je *složené zobrazení* (Compound

Imaging). Tato technologie kombinuje více ultrazvukových snímků pořízených z různých úhlů pomocí elektronického vychylování ultrazvukových paprsků. Tyto jsou následně složeny do jediného US obrazu vznikajícího na obrazovce v reálném čase. *Harmonické zobrazení (Tissue Harmonic Imaging)* pracuje na principu detekce tzv. harmonických kmitů – tedy násobků vysílaných kmitočetů narůstajících s hloubkou (Hrazdira I., 1999). Kmity vznikají ve tkáňových strukturách v důsledku nelineárního šíření budícího impulsu. Při použití harmonického zobrazení dochází ke zlepšení poměru signál–šum a zvýšení kontrastního rozlišení. S výhodou se používá u pacientů s větším množstvím podkožního tuku. V MSK US je jeho využití až na několik výjimek omezené. *Ultrasonografické kontrastní látky* zvyšují senzitivitu detekce pomalých toků, která je limitována i u silového doppleru. Jedná se o farmakum na bázi emulze stabilizovaných plyných mikrobublin (velikosti 1–10 μm), které je injikováno do tělních dutin či do cév. Dochází tím ke zvýšení echogenity proudící krve. Při vysokých energiích však mikrobubliny explodují a vytvářejí mechanickou rázovou vlnu (Hrazdira I., 2011). Snížení vyzařovaného ultrazvukového výkonu umožňuje technologie „single-crystal“ vyšetřovacích sond. V MSK US nacházejí kontrastní látky uplatnění např. v onkologických a revmatologických indikacích. V literatuře je popisováno využití kontrastních látek při US diagnostice zánětlivých myopatií. Typicky je v MSK ultrazvukové diagnostice jako kontrastní látka používán preparát Levovist (Chang KV. et al., 2012). Zlepšení kvality obrazu nabízejí tzv. maticové sondy (matrix transducers) umožňující získání užšího řezu pomocí elektronické laterální fokusace. Jejich základem je soustředná konfigurace velkého počtu miniaturizovaných piezoelektrických elementů vysílajících širokopásmový signál. Vysílací elementy jsou umístěny v centru, zatímco přijímací na celé ploše matice. Přijímacích měničů je nejméně dvakrát více než vysílacích (Hrazdira I., 2011). Nově byla v USA k použití v humánní medicíně schválena ultra-vysokofrekvenční lineární sonda s frekvencí až 70 MHz (Cartwright MS. et al., 2017).

Ultrazvukové sondy

Novinkou je US technologie integrovaná do vyšetřovací sondy, kterou lze bezdrátově připojit ke „smartphonu“ (obr. 3). V současné době však tyto sondy svou diagnostickou hodnotou stále ještě nekonkurují klasickým ultrasonografům.



Obr. 3. Smartphone ultrasound scanner.

Trojrozměrné a čtyřrozměrné zobrazení zahrnuje využití speciálních volumetrických sond, které jsou schopny generovat trojrozměrné ultrazvukové pole (Hrazdira L., 2004). Při použití běžné dvourozměrné (dále jen „2D“) sondy se při snímání sonda lineárně posunuje, naklání nebo rotuje (Hrazdira I., 2011). Výsledný obraz tvořený voxely je počítačově rekonstruován ze sekvence 2D řezů. Trojrozměrné (dále jen „3D“) US zobrazení pracující v reálném čase se označuje jako čtyřrozměrné (dále jen „4D“) (Hrazdira L. et Skotáková J., 2006). Zkušený sonografista však tento proces geneze 4D zobrazení využívá s využitím 2D zobrazení a vlastní prostorové představivosti. V muskuloskeletální medicíně je rutinně používáno 2D zobrazení a 3D rekonstrukce jsou považovány spíše za pomocnou metodu v diagnostice (Hrazdira I. et al., 2013).

Metoda mikromorfologické analýzy se začala rozvíjet v posledním desetiletí. Její využití bylo demonstrováno při vyšetření šlach. Potenciál mikromorfologické analýzy spočívá v časném zachytu tendinopatie, sledování vývoje šlachové echostruktury v čase, včetně kvantifikovaného hodnocení úspěšnosti léčby. Šlacha má v US obraze typickou strukturu v podobě podélně

uspořádaných hyperechogenních svazků kolagenních vláken. Tato struktura je patrná i při klasickém „makromorfologickém“ zobrazení. Při degenerativním postižení šlachy je možné sledovat postupné poškození jednotlivých vláken v závislosti na závažnosti tendinopatie. Mikromorfologické hodnocení využívá „rychlou Fourierovu transformaci“ pro analýzu ultrazvukových odrazů od šlachových struktur, zpravidla se hodnotí laterální a horizontální složka prostorové frekvence a korelace mezi nimi. Typickým obrazem šlachy s tendinopatií je pak obraz více rozptýlené prostorové frekvence, která koresponduje se setřením normální fibrilární echostruktury na klasickém US zobrazení. Hodnocena jsou arbitrárně zvolená „jádra“, neboli malé čtverce odpovídající zobrazení šlachy vyznačené v B-módu. Ačkoliv v tomto kroku může dojít k určitému ovlivnění výsledků, čtverce vybrané z různých oblastí šlachy vykazují poměrně konzistentní výsledky. Kulig se spoluautory uvádějí signifikantní spojitost mezi parametry mikromorfologické analýzy („peak frequency“) a elasticitou Achillovy šlachy u jedinců s tendinopatií (Kulig K. et al., 2016). Popsané principy jsou v současné době aplikovány na 2D zobrazení. Rozvíjeny jsou i postupy mikromorfologické analýzy využívající 3D zobrazení, které mají potenciál dále přispět ke klinickým i výzkumným účelům.

Fúzní zobrazení

Představuje kombinované obrazy s dalšími zobrazovacími modalitami, např. MR či CT (Petrášová H. et Foukal J., 2016). V MSK medicíně se uplatňují při některých intervenčních výkonech (Lu D. et Tchelepi H., 2015; Burke CJ. et al., 2017; Nwawka OK. et al., 2016).

2.2.3 Biologická rizika

Vycházejí z biologického účinku ultrazvukových vln na živé tkáně (Hrazdira I. et Hlinomazová Z., 2006). Tyto účinky jsou tepelné, mechanické a fyzikálně-chemické. Poslední zmíněné jsou disperzní, s jejichž využitím jsou připravovány např. jemné suspenze či aerosoly.

Při interakci zvukové vlny s prostředím dochází k lokálním tlakovým změnám. Mechanické účinky zahrnují proces zvaný kavitace, tedy vznik plynových bublin v podtlakové fázi šíření ultrazvukové vlny (Hrazdira I. et Mornstein V., 2001). Kavitace představuje nestabilní, rychle kolabující dutinku vznikající v insonované tkáni, v jejímž důsledku vznikají vysoce reaktivní volné radikály. Energie ultrazvukové vlny je přímo úměrná její frekvenci (Beneš J. et al.,

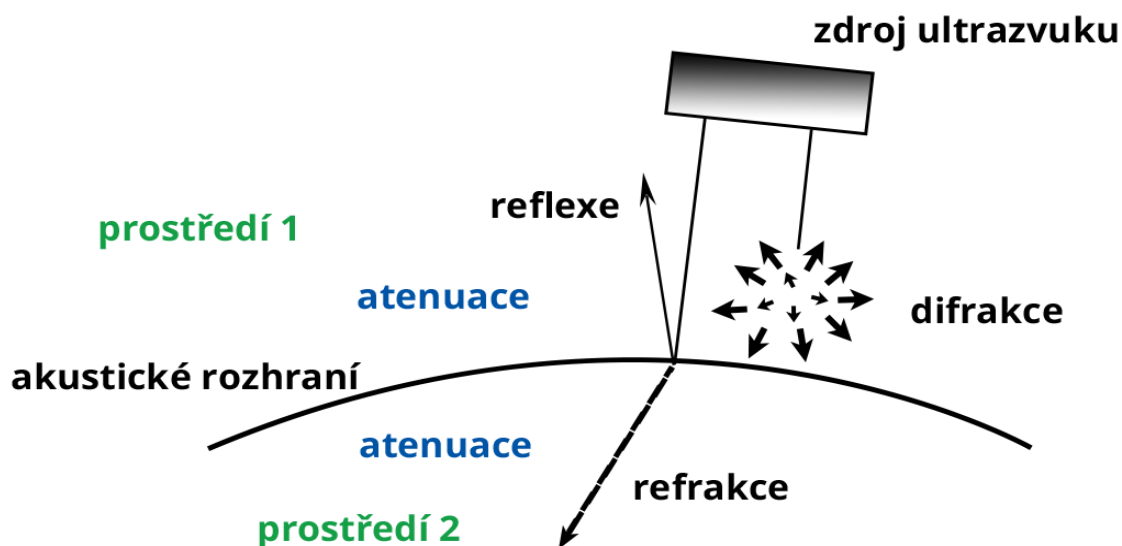
2015). Při absorpci této energie dochází k jejímu předání částicím prostředí se zvýšením jejich kinetické energie. Tímto mechanismem dochází k ohřevu, který by měl být zohledněn zejména v porodnických aplikacích. Schneider-Kolsky se spoluautory na animálních modelech popisují zhoršení kognitivních funkcí mozku po expozici spektrálního dopplerovskému módu. Při využívání spektrálního režimu je třeba dbát zvýšené opatrnosti, neboť mu jsou přisuzovány možné biologické účinky na živou tkáň, zejména ohřev (Schneider-Kolsky ME. et al., 2009). Dle doporučení *Evropské komise pro bezpečnost ultrazvuku* je proto třeba zvláštní opatrnosti při použití spektrálního dopplerovského režimu v porodnictví. Spektrální zobrazení je využíváno k zaznamenání spektra rychlostí proudění v daném vzorkovacím objemu v závislosti na čase. Při pohybu sledovaného objektu směrem k sondě jsou jeho rychlosti zobrazovány nad horizontální osou, při vzdalování se od sondy je jeho rychlost zaznamenána pod touto osou. Protože se v cévách krevní elementy nepohybují stále stejnou rychlostí, je v jednom okamžiku měřeno více hodnot. S využitím „rychlé Fourierovy transformace“ dochází k rozložení signálu na spektrum frekvencí, které představuje časový průběh rychlosti (Hrazdira I., 2011). Zesílení křivky v grafu pak vytváří pruh o určité šířce. Výhodou spektrálního zobrazení je kvantifikace výstupních dat. Termický účinek vzniká i při použití elastografie střížnými vlnami, ale měřené hodnoty stále odpovídají limitům pro dopplerovské metody. K citlivým tkáním jako je oko či plod je však třeba z tohoto pohledu věnovat zvýšenou opatrnost (Hrazdira I., 2013). Biologické účinky na živé tkáně vznikají v důsledku výše popsaných mechanismů. V prevenci možného poškození tkání různými formami energie je používán princip ALARA (As Low As Reasonably Achievable), který doporučuje snížit intenzitu a dobu vyšetření na dobu nezbytně nutnou k získání diagnostické informace (Hlinomazová Z. et Hrazdira I., 2005). Z tohoto pohledu je kontroverzní využívání US v nemedicínských indikacích (Hrazdira L., 2017; Lancet, 2015). Aby mohl být princip ALARA účelně využíván, byl zaveden tepelný index (TI) a mechanický index (MI), vztahující se k faktoru kavitace.

2.2.4 Interpretační rizika

Ultrazvukové artefakty jsou obrazové změny, které neodpovídají skutečnému stavu. Může dojít k zobrazení neexistujícího objektu, nebo naopak může uniknout pozornosti struktura existující. Jejich vznik může být také spojen s nepřesným nálezem lokalizace, echogenity či rozměrů

vyšetřovaného objektu. Takové obrazy neodpovídají zcela skutečnosti a mohou vést k mylnému diagnostickému závěru. Jejich správná interpretace je závislá na zkušenostech vyšetřujícího sonografisty. Modernější ultrazvukové sondy a digitální technologie zpracování obrazu výrazně omezují vznik nežádoucích artefaktů. V některých případech je však vznik artefaktu vítaným pomocníkem (např. akustický stín za kalcifikací). Důležité je rozpoznání, případná eliminace a správná interpretace těchto nepřesností (Hrazdírka I. et Hlinomazová Z., 2004).

Existence artefaktů vychází z fyzikální podstaty interakce ultrazvuku s tkáněmi lidského těla. Na souvislém akustickém rozhraní dochází k lomu a odrazu (obr. 4). Přejedem ultrazvukové vlny z prostředí akusticky hustšího do řidšího dochází k lomu ke kolmici (Hrazdírka I., 2011). K útlumu akustické vlny dochází absorpcí energie a rozptylem. Tento rozptyl (Rayleighův) vzniká na strukturách menších, než je vlnová délka dopadajícího ultrazvuku. Tyto drobné struktury se v důsledku interferenčního jevu zobrazí jako větší (speckles). Dalším jevem, který může interakcí ultrazvukové vlny s prostředím nastat, je ohyb (difrakce).

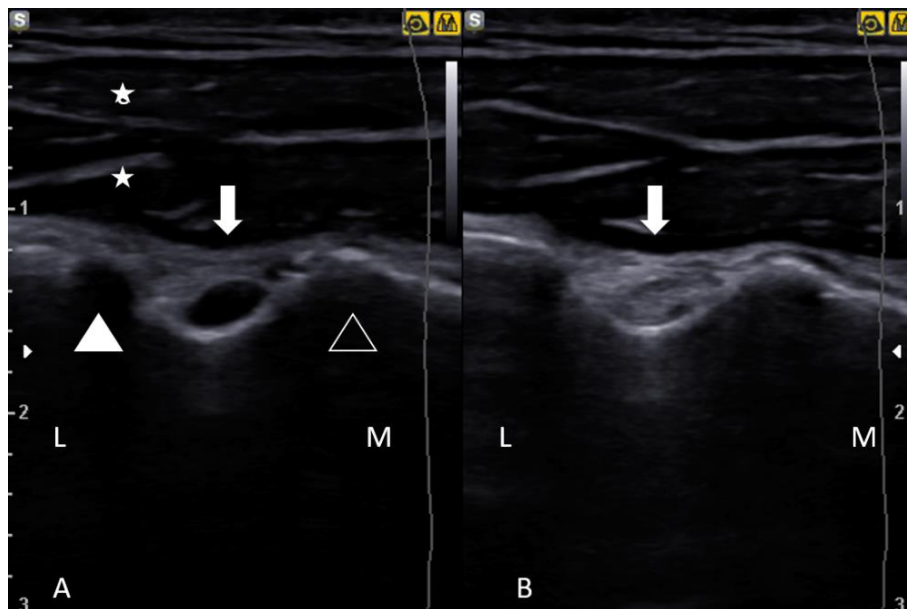


Obr. 4. Interakce ultrazvukové vlny s prostředím.

Artefakty spojené s vlastnostmi ultrazvukového svazku

Svazek ultrazvukového vlnění se skládá z hlavního paprsku a nežádoucích postranních paprsků (Side Lobes). Energie těchto postranních paprsků je generována rozpínáním piezoelektrických krystalů a artefakty s ním spojené se vyskytují zejména u sond s lineárním polem měničů. Tyto artefakty jsou v MSK US významné vzhledem k dominantnímu využívání lineárních sond.

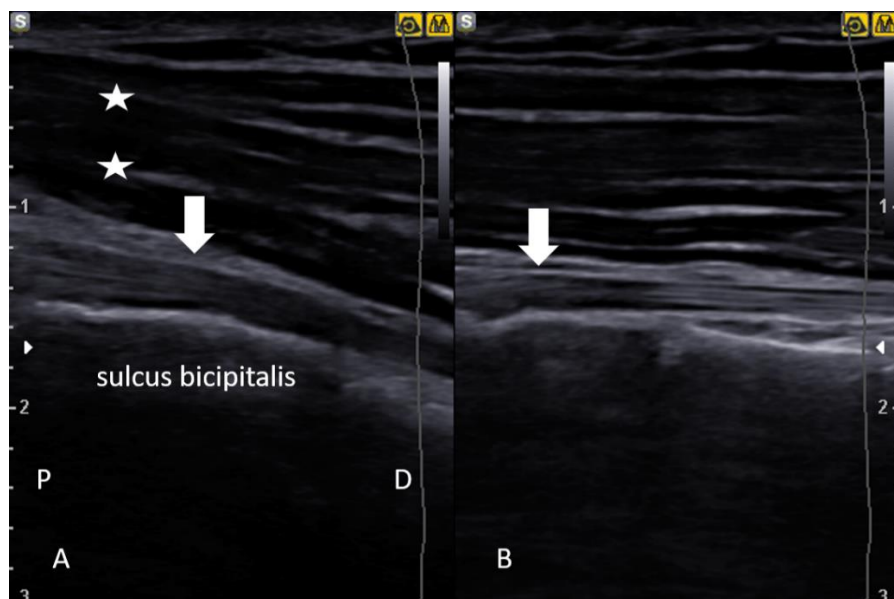
Artefakt anizotropie vzniká, pokud ultrazvukový svazek nedopadá přesně kolmo na vyšetřované rozhraní. Může to být dáno šikmým anatomickým průběhem vyšetřované struktury či nevhodným nakloněním sondy. Obraz se v tomto případě může falešně jevit jako hypoechogenní. V MSK US má tento jev zásadní význam a ke vzniku anizotropie jsou obzvláště náchylné šikmo probíhající šlachy a ligamenta (obr. 5, 6).



Obr. 5. Axiální sonogram normální dlouhé hlavy bicepsu (bílá šipka) v sulcus bicipitalis. A - šlacha se jeví hypoechogenní v důsledku anizotropie; B – eliminace anizotropie kloněním sondy v její krátké ose. Tuberculum maius humeri (bílý trojúhelník), tuberculum minus humeri (prázdný trojúhelník), m. deltoideus (hvězdičky), mediální směr (M), laterální směr (L).

Artefakt bočního paprsku je způsoben existencí postranních paprsků ultrazvukového svazku, které se v různé míře propagují vedle paprsku hlavního. Energie těchto paprsků je sice menší než u hlavního paprsku, ale od výrazně odrazivého rozhraní se mohou vrátit zpět k sondě a zobrazit fantomové struktury přímo v ose obrazu. Artefakt bočních paprsků může vzniknout i při

injekčním intervenčním výkonu. Tento jev může být redukován změnou úhlu dopadu ultrazvukového svazku.



Obr. 6. A – longitudinální sonogram normální dlouhé hlavy bicepsu v sulcus bicipitalis (bílá šipka), šlacha se ve svém distálním úseku jeví hypoechogenní v důsledku anizotropie; B - úhel dopadu ultrazvukového svazku je v některých případech možné optimalizovat použitím tzv. „heel-toe“ (nakloněním sondy v její dlouhé ose) manévru. Musculus deltoideus (hvězdičky), proximální směr (P), distální směr (D).

Artefakt šířky svazku vzniká na objektech, jejichž velikost je menší než rozlišovací schopnost systému. Dochází zde k rozptylu a tyto drobné struktury se nezobrazí ve své vlastní podobě. V důsledku interference různosměrných odrazů může dojít ke snížení kontrastu na tkáňových rozhraních. Tento jev může být redukován nastavením fokusace do žádané hloubky.

Posun rychlosti

Při zpracování obrazu se předpokládá, že rychlost ultrazvuku v lidských tkáních je konstantní ($1540 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). V praxi však ultrazvukový paprsek interaguje s rozličnými druhy akustických prostředí, kde se ultrazvuk šíří nekonstantní rychlostí (např. kost, tekutina a vzduch).

Ke změně směru ultrazvukového svazku může dojít při průchodu z jednoho prostředí do druhého, s jinou rychlostí šíření v důsledku odlišných elastických vlastností a hustoty. Pokud v takovém případě paprsek nedopadá kolmo, vzniká artefakt refrakce. Přístroj předpokládající, že se paprsek šíří přímo, tak chybně umístí echo mimo správnou polohu. Refrakční artefakt může

způsobit, že struktury se zdají být širší, než jsou ve skutečnosti nebo může být příčinou duplikace. Artefakt posunutí rychlosti vzniká při průchodu ultrazvukového svazku prostředím s nižší rychlostí šíření (např. tuková tkáň). Dochází zde ke zpoždění v návratu echa a daný objekt je zobrazen hlouběji, než se ve skutečnosti nachází.

Absorpce energie

V každém prostředí dochází k útlumu ultrazvukové vlny, který je dán absorpcí akustické energie, rozptylem a difrakcí ultrazvukových vln. Důsledky těchto jevů mohou vést ke vzniku obrazových artefaktů. K zesílení odrazivosti dochází za strukturami s malým akustickým útlumem, jako je např. kolekce tekutiny. Ultrazvukový signál prošlý prostředím o menším akustickém útlumu má větší energii než stejný signál procházející okolní tkání o útlumu větším. Proto jsou odrazy vycházející z oblasti za tekutinou silnější a vzniká dojem oblasti o vyšší odrazivosti. Opačný jev, tj. snížení odrazivosti, vzniká ze stejné fyzikální příčiny za tkání či objektem o vyšším akustickém útlumu. *Akustický stín* vzniká tehdy, jestliže je odražena podstatná část energie vyslaného signálu. Oblast ležící v akustickém stínu nelze morfologicky hodnotit. S využitím akustického stínu však lze s výhodou identifikovat kalcifikace nebo konkrementy (Hrazdira I., 2008). Zvláštním případem vzniku akustického stínu je „*edge shadowing*“, při kterém dochází k akustickému útlumu po tangenciální interakci se stěnou cystické struktury.

Zmnožená echa

Mezi artefakty spojené s vytvořením fantomového obrazu patří *reverberace*, která vzniká opakovanými odrazy kolmo dopadajícího signálu na dvou paralelních odrazových površích v blízkém poli sondy. Ozvěny se zde opakovaně odrážejí tam a zpět a k sondě se vrací se zpožděním (Hrazdira L., 2017). Tyto vícenásobné odrazy jsou přístrojem zaznamenány a zobrazeny. Echa vracející se po jediném odrazu budou zobrazena ve správné poloze. Následným ozvěnám však bude trvat déle, než se vrátí ke snímači a po zpracování se tato zpožděná echa chybně umístí ve větší hloubce. Výsledkem je komplex stejně vzdálených ech, jejichž jas do hloubky klesá. Jejich vznik je závislý na úhlu dopadu a na akustickém výkonu přístroje. Speciálním případem reverberačního artefaktu jsou kónicky se zužující bílé pruhy nestejněho jasu vznikající opakovanými odrazy ultrazvukového signálu („*ohon komety*“). Při tomto artefaktu jsou dva vysoce silné reflektory blízko sebe a odrazy následují v těsném sledu. V MSK US tento

artefakt vzniká typicky při zobrazení kovu. Dalším příkladem reverberačního artefaktu je „*ring down*“ artefakt. Jeho vznik souvisí s rozkmitáním kapaliny mezi vzduchovými bublinami a ultrazvukovou vlnou. Tyto rezonanční kmity vytvářejí nepřetržitou zvukovou vlnu, která se šíří zpět ke snímači. Tento jev se zobrazuje jako čára nebo série paralelních pruhů v blízkosti plynem vyplněných struktur. I přítomnost reverberace však může mít pozitivní výstup například při zobrazení jehly při intervenčním výkonu.

Dalším nežádoucím jevem je *zrcadlový artefakt*, který vzniká při zobrazení objektu v těsné blízkosti plošné struktury s vysokou odrazivostí (typicky bránice). Zrcadlový obraz je však slabší a zpravidla nekompletní. Vzniká odrazem paprsků mezi objektem a vysoce odrazivou strukturou zpět k sondě. Při náklonu sondy může být eliminován či změněn svou polohu.

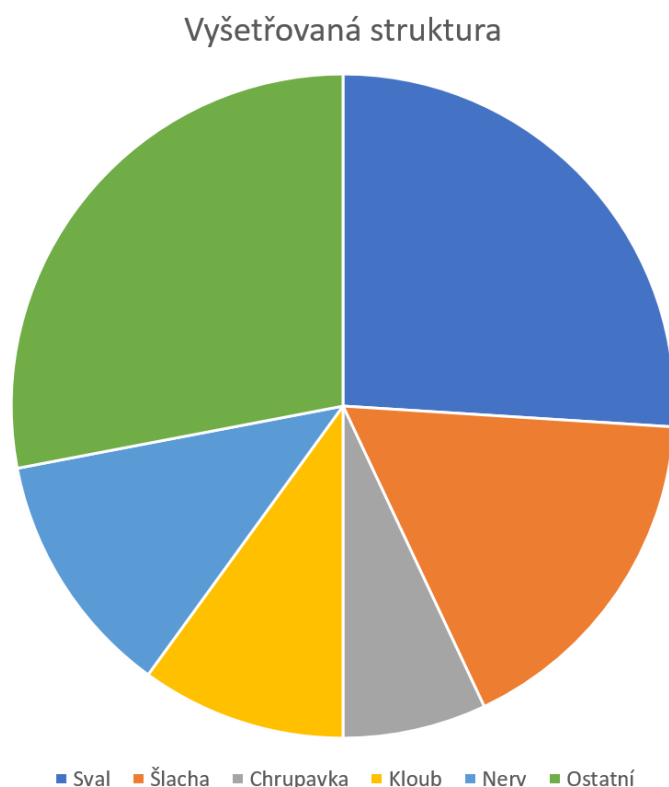
Artefakty spojené s použitím funkce dopplerovského zobrazení

Artefakty při dopplerovském vyšetření mohou být způsobeny nepřesnostmi při nastavování jednotlivých parametrů měření (Hrazdira I., 2008). Při nadměrném tlaku sondou na kůži může dojít ke kompresi drobných cév a falešně negativnímu nálezu normální vaskularizace. K redukci tohoto jevu je vhodné užití většího množství sonografického gelu. Pohybové artefakty jsou způsobeny pohybem sondy, pacienta i arteriální pulzací. Význam má také úhel mezi směrem dopplerovského signálu a směrem toku krve. Jeho nesprávné nastavení vede k chybnému stanovení rychlosti a často též k zrcadlovému artefaktu. Tento jev je však v případě funkce power Doppler, která zaujímá v MSK US dominantní postavení, méně relevantní.

2.3 Využití v klinické praxi

Muskuloskeletální US se stala předmětem zájmu v souvislosti s modernizací přístrojové techniky, která využívá lepší rozlišovací schopnosti s vysokofrekvenčními sondami pracujícími v reálném čase. Uplatňuje se i v pediatrii, kde je situace komplikována odlišnou sonoanatomii vyvíjejícího se dětského organismu (Dylevský I., 2014; Dylevský I., 2017; Chang KV. et al., 2016). Typicky je využívána k časně diagnostice dysplazie kyčlí u novorozenců. Pohybový aparát je však možné vyšetřit již prenatálně a odhalit tak malformace axiálního skeletu a končetin. Ultrasonografické vyšetření se začíná prosazovat i ve veterinárním lékařství (Cook CR., 2016).

Ultrasonografie zobrazuje struktury pohybového aparátu diferencovaně podle jejich echogenity (obr. 7).



Obr. 7. Poměr četností jednotlivých tkání vyšetřovaných MSK US (Akkaya N. et al., 2013).

Hyalinní chrupavky mají hypoechogenní vzhled. Svaly mají na US heterogenní vzhled se smíšenou echogenitou. Hyperechogenní objekty představují pojivovou tkáň. Při vyšetření svalových ruptur lze odhalit trhliny s tvorbou hematomu. Během hojení lze při tvorbě jizvy pozorovat změnu echogenity poraněné krajiny. Kalcifikace jsou pozorovány např. u myositis ossificans či u heterotopických osifikací (Kara M. et al., 2015). Také může být odhalena tuková atrofie svalu či fibróza. Šlachy se zobrazují jako hyperechogenní, paralelně uspořádané pruhy. Většina z nich je obalena a chráněna šlachovou pochvou. Ultrasonografie se uplatňuje v detekci šlachových ruptur, degenerativních a zánětlivých změn. Typickým nálezem morfologických změn šlachy je setření její normální fibrilární echostruktury, přítomnost fokální hypoechogenity či přerušování kontinuity šlachy. Přítomen může být i hematom s akustickým zesílením posteriorně.

Periferní nervy mají v US obraze charakteristický fascikulární vzhled a lze je poměrně spolehlivě zobrazit. Teoreticky lze diferencovat detaily až k jednotlivým nervovým fascikulům

(Cartwright MS. et al., 2017). Proximální úsek periferních nervů dolní končetiny je však US vyšetření přístupný obecně hůře. Někdy může být US posouzení morfologických charakteristik nervu (např. topografické souvislosti, kalibr, kontinuita, echogenita atd.) a jeho okolí vítaným doplňkem elektrofyziologického vyšetření. Ultrasonografií lze využít v diagnostice některých neuromuskulárních chorob (Walker F. et Cartwright MS., 2011).

Indikace vyšetření MSK US jsou široké. V revmatologii se běžně používá k posouzení aktivity synovitidy a tenosynovitidy, typicky při revmatoidní artritidě (Díaz-Torné C. et al. 2017; Takase-Minegishi K. et al., 2017). Svou schopností časně detekce kostních erozí je US vyšetření vhodné k časnému stanovení diagnózy revmatoidní artritidy (Lage-Hansen PR. et al., 2017). Účelně se používá při podezření na kloubní výpotek, synovitidu, kostní eroze, burzitidu, proliferativní kostní onemocnění a tendinopatii (Sudoł-Szopińska I. et al., 2017). Ve fyzioterapii se US používá jako „biofeedback“ při nácviku volní kontrakce určitých svalů. Ultrasonografie je také používána ke kvantifikaci kostní hustoty jako prediktoru rizika osteoporotické fraktury proximálního femuru. MSK US v některých případech významně doplňuje vyšetření metodou MR (Klauser A. et al., 2012). Proti MR nabízí US jisté výhody. Ultrasonografie umožňuje dynamické vyšetření struktur pohybového systému a nabízí možnost snadného bilaterálního porovnání. Ultrasonografické vyšetření prakticky nemá kontraindikace a umožňuje i vyšetření pacientů, u kterých jsou jiné metody kontraindikovány. Při vyšetření je užitečné využití „sonopalpace“ ke korelaci nálezu s místem palpační reprodukce pacientových potíží. Vzhledem k možnosti transportu přenosného přístroje je vhodné využití i ve sportovní medicíně (Özçakar L. et al., 2015a).

Muskuloskeletální ultrasonografie nachází uplatnění i v navigaci intervenčních výkonů (De Muynck M. et al., 2012). V těchto aplikacích se US používá např. při aspiraci tekutiny, léčebném obstríku, odběru biologického materiálu na histologické vyšetření, aplikaci botulotoxinu při spastické paréze a v regionální anestezii (De Muynck M. et al., 2012). Ultrasonografie je vhodným nástrojem k přesné a šetrné navigaci jehly, jejíž poloha je kontrolována v reálném čase na obrazovce US přístroje. Trajektorii injekce lze též kdykoliv změnit tak, aby nedošlo k poranění vulnerabilních struktur, zejména cév či nervů. Ultrasonografická navigace zpřesňuje intervenci a vede k bezpečnějšímu, někdy i efektivnějšímu provedení zákroku (Kane D. et Koski J., 2016). Ultrasonografie také při punkci kolekce tekutiny umožňuje aspiraci většího objemu ve srovnání s „palpační“ metodou. K navigaci u povrchově uloženého cíle se s výhodou používá lineární

vysokofrekvenční sonda. K injekcím hlouběji uložených struktur lze použít sondu konvexní s nižší frekvencí (např. 2–5 MHz). K identifikaci cév je výhodné použití dopplerovského zobrazení. Pro kvalitní vizualizaci jehly je optimální její zavedení paralelně s kontaktní plochou sondy. Se zvyšujícím se úhlem jehly od sondy se stává její vizualizace na US obrazovce obtížnější v důsledku nižší intenzity odraženého ultrazvukového svazku. Hrot jehly na obrazovce nejsou vždy schopni vizualizovat ani zkušení intervenční sonografisté. U některých intervenčních výkonů v MSK medicíně je však role fluoroskopie v navigaci nezastupitelná (Rand E. et al., 2016). Nicméně US navigace intervenčních výkonů tvoří jako nosné téma odborných prací v MSK US menšinu (Akkaya N. et al., 2013).

Trendem v posledním desetiletí je stále častější využívání MSK US samotnými klinickými lékaři (Sharpe RE. et al., 2012). Özçakar se spoluautory porovnávají v retrospektivní studii s třemi sty devíti pacienty použitím MSK US s konvenčními algoritmy. Uvádějí pokles čekací doby na zobrazovací vyšetření, redukci zátěže ionizujícím zářením a snížení finančních nákladů na péči o tyto pacienty (Özçakar L. et al., 2010). Seagger se spoluautory popisují snížení finančních nákladů a zkrácení doby léčby u pacientů s lézí rotátorové manžety ramena při použití MSK US (Seagger R. et al., 2011). V poslední dekádě využívají US metody i výzkumníci zabývající se muskuloskeletální medicínou (Ulaşlı AM. et al., 2011). Z didaktického hlediska je MSK US členěna na jednotlivé topografické krajiny (obr. 8). Často vyšetřovaným kloubem v MSK US je kloub ramenní. Je to dáno vysokým výskytem poruch ramena, dobrou zobrazitelností periartikulárních struktur ramenního kloubu a významným dopadem na volbu terapeutického postupu (Friedman MV. et al., 2017). Ultrasonografické vyšetření ramenního kloubu popsali Selzter se spolupracovníky v roce 1979, zejména pro účely detekce tekutiny. Pro vyšetření intraartikulárních struktur má větší výtěžnost vyšetření MR. Ultrasonografie na druhou stranu umožňuje dynamické vyšetření a snadné porovnání s kontralaterálním ramenem. Kritéria používaná v diagnostice lézí rotátorové manžety byla navržena v osmdesátých letech dvacátého století. Kyčelní kloub je pro své hluboké uložení US vyšetření přístupný spíše limitovaně a v některých případech je vhodnější použití sondy s nižší insonační frekvencí. Techniku sonografického vyšetření kyčelního kloubu popsali Kramps a Lenschow v roce 1979. Průlomem byl v roce 1980 popis US vyšetření kyčelního kloubu u novorozence profesorem Grafem. Ultrasonografie zaujímá významné místo i při vyšetření struktur kolenního kloubu (Oo WM. et

al., 2017). Výtežná je zejména v detekci kloubního výpotku. Je možné prokázat již výpotek o objemu 3 ml.



Obr. 8. Poměr četností jednotlivých krajín vyšetřovaných MSK US (Akkaya N. et al., 2013).

Posouzení stavu menisků a zkřížených vazů lze zpravidla vyšetřit jen limitovaně. Ultrasonografické vyšetření menisků je však důležité k průkazu kalcifikací při chondrokalcinóze či cystické přestavbě menisku. Ultrasonografie je rovněž vhodným nástrojem k zobrazení struktur v oblasti hlezna a s výhodou jsou zde používány vysokofrekvenční sondy.

Technické protokoly pro vyšetření ramena, lokte, zápěstí, kyčle, kolena a hlezna publikovaly pracovní skupiny American Institute of Ultrasound in Medicine (dále jen „AIUM“), European Society of Musculoskeletal Radiology (dále jen „ESSR“), European League Against Rheumatism (dále jen „EULAR“) a EURO-MUSCULUS (Özçakar L. et al., 2015b; Möller I. et al., 2017). Tyto texty zahrnují standardizaci od polohování pacienta po jednotlivé kroky při vyšetření. Jako příklady uvádíme vyšetření krajiny lokte a zápěstí, kde diskutujeme přínos autora v oblasti intervenční US (příloha 1) a ergonomizace polohování.

Loketní krajina bývá místem poměrně často postiženým muskuloskeletálními onemocněními. Vzhledem k relativně povrchové lokalizaci jsou vyšetřované struktury US vyšetření poměrně dobře přístupné a s výhodou lze pro orientaci palpovat kostní prominence. Jedná se zejména o šlachy, ligamenta a nervy. Používáme lineární sondu o frekvenci 10 MHz či vyšší. Pro účely US vyšetření je loketní kloub rozdělen na čtyři kvadranty (mediální, ventrální, laterální a dorzální). Při vyšetření je doporučován postup dle „standardních“ postupů pracovních skupin *AIUM*, *EULAR*, *ESSR* a *EURO-MUSCULUS* (Özçakar L. et al., 2015c). Tyto texty zahrnují jednotlivé kroky vyšetření včetně polohování pacienta. Na základě vlastní zkušenosti však nepovažujeme doporučené vyšetření n. ulnaris v poloze vsedě z pohledu ergonomie práce za zcela optimální (obr. 9,10). Správná ergonomie práce zvyšuje výtěžnost vyšetření, snižuje časovou náročnost a redukuje rizika spojená s muskuloskeletálními potížemi sonografistů.



Obr. 9. Poloha při „klasickém“ US vyšetření n. ulnaris. Pacient a sonografista sedí naproti sobě u vyšetřovacího stolu. Pacientovo rameno je rotováno zevně, předloktí je supinováno a trup je nakloněn k ipsilaterální straně. Sonda je umístěna podélně mezi mediální epikondyl humeru a okraj olecranon ulnae.



Obr. 10. „Klasický“ dynamický test (s oporou o polštář) s flexí lokte k posouzení stability n. ulnaris.

S cílem ergonomizace práce navrhujeme při vyšetření loketního kloubu rutinní polohování v poloze vleže na zádech (obr. 11,12,13). Tuto polohu lze považovat za univerzální, bezpečnější při US-navigované injekci vzhledem k riziku pacientova kolapsu. Je to navíc jediná použitelná poloha pro vyšetření lokte u imobilních pacientů upoutaných na lůžko a ve vyšetřovacích místnostech s vyšetřovacím lehátkem přímo u stěny, kde je polohování dle „standardních“ protokolů nemožné. Jistou nevýhodou této pozice je nutnost pacientova otočení o 180° při nutnosti porovnání nálezů na mediální, dorzální a ventrální straně s kontralaterálním loktem. Lze dále spekulovat o tom, že některé patologické nálezy nemusí být, v této z funkčního hlediska pro pacienta relaxované poloze, zřetelné. Ergonomizace práce sonografistů si však žádá i další kritické pohledy s cílem zvýšení bezpečnosti a efektivity práce (Al-Rammah TY. et al., 2017).

Intraartikulární tekutina bývá v loketním kloubu typicky identifikována ve fossa olecrani, fossa coronoidea a fossa radialis. Prosté rentgenové vyšetření hodnotící přítomnost tekutiny pomocí příznaku tukového tělesa prokáže kolekci nad 5 ml, zatímco US odhalí již 1ml množství. Absence výpotku dle sonografického vyšetření prakticky vylučuje možnou septickou artritidu.



Obr. 11. A – Vyšetřující sonografista sedí podél vyšetřovacího lehátka, B – Pro vyšetření ventrální strany lokte leží extendované a supinované předloktí na lehátku podél pacientova trupu.



Obr. 12. A – Při vyšetření laterální strany lokte leží pacientovo předloktí volně na jeho trupu, s mírnou palmární flexí zápěstí. Z této pozice je možné nález snadno porovnat s kontralaterální stranou. B – V analogické pozici lze vyšetřit i dorzální stranu lokte. Tato pozice oproti „standardnímu“ polohování nabízí výhodu dynamického flekčně-extendního vyšetření, které je s výhodou používáno při posouzení přítomnosti kloubních myšek či intraartikulárního výpotku.

Ultrasonografie je důležitá k detekci kloubních myšek v synoviálních recesech, neboť loket je v tomto smyslu hned po kolenním kloubu nejčastěji postižen. Senzitivita při detekci tekutiny ve fossa olecrani se zvyšuje při flexi v loketním kloubu. Jednou z nejčastějších indikací vyšetření loketní krajiny je bolest při laterální epikondylitidě. Sonografickým nálezem na společném začátku extenzorů může být obraz setření normální fibrilární struktury, hypoechogenita a rozšíření v důsledku edému. Zvláště při chronických stavech zde nacházíme i kalcifikace

a na laterálním epikondylu humeru může být přítomen calcar.



Obr. 13. A – Při vyšetření mediální strany lokte leží pacientova paže na vyšetřovacím lehátku, zatímco předloktí je polohováno zevní rotací ramena směrem od lehátka. B – V analogické pozici lze snadno vyšetřit i n. ulnaris včetně dynamického testu k posouzení jeho stability v sulcus n. ulnaris. Oproti „standardním“ protokolům je zde oporou sonografistova zápěstí a pacientova lokte vyšetřovací lehátko zajišťující potřebnou stabilitu při dynamickém zobrazení. Z této pozice lze s použitím hrany lehátka snadno vyšetřit i stabilitu lokte proti valgózní deviaci.

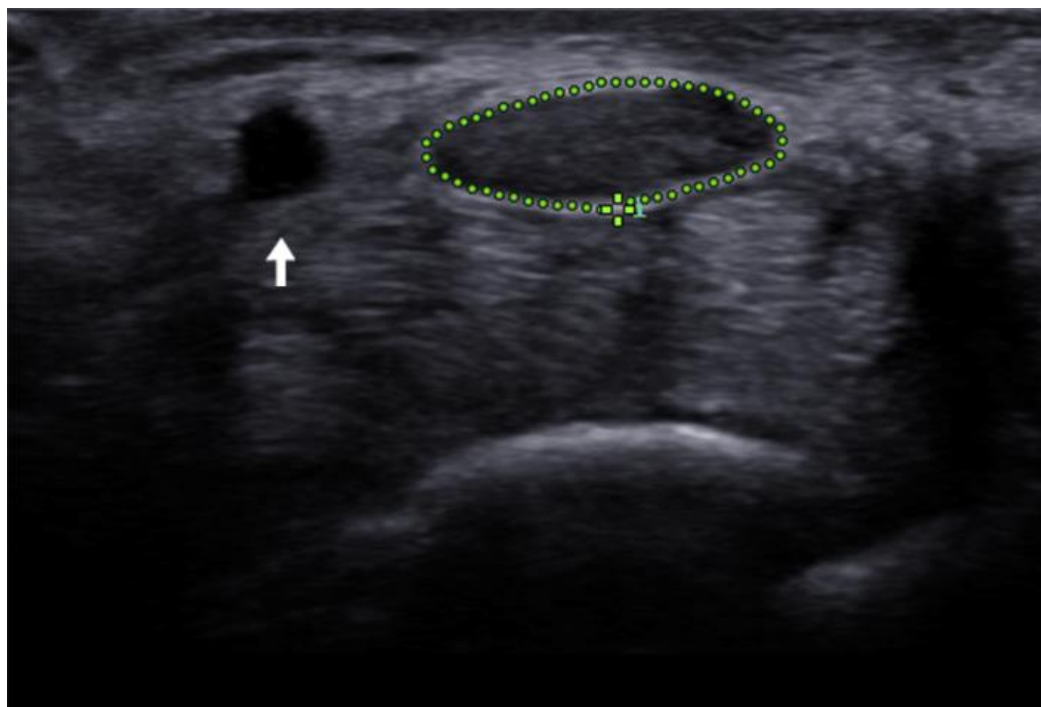
Ultrasonografické vyšetření je zde důležité i k vyloučení sdruženého poranění radiálního kolaterálního ligamenta. Za normálních okolností je jeho zobrazení technicky nesnadné. V případě patologických změn však bývá hodnotitelný lépe. Změny na mediálním epikondylu humeru jsou méně časté a jsou analogické extenzorovému začátku. Zobrazení distálního úponu m. biceps brachii je vzhledem ke svému šikmému anatomickému průběhu v důsledku anizotropie technicky nesnadné a pro validní posouzení je nutné jej vyšetřit ve více pozicích. Ačkoliv k odhalení kompletních ruptur s retrakcí pahýlu lze US použít, vyšetření MR je zlatým standardem u ruptur parciálních. Na mediální straně lokte ověřujeme integritu ulnárního kolaterálního ligamenta, zejména jeho ventrální části. Tento vaz zajišťující stabilitu loketního kloubu proti valgóznímu vychýlení je vyšetřován při podezření na jeho poranění (Erickson BJ. et Romeo AA., 2017). Na mediální straně je dále vyšetřován n. ulnaris (Podnar S. et al., 2017). Nervus ulnaris v úrovni lokte probíhá v sulcus n. ulnaris s lig. olecranonohumerale tvořícím dno. Povrchově je překryt lig. arcuatum Osborni, aponeurózou m. flexor carpi ulnaris a v některých případech akcesorním m. anconeus epitrochlearis. Distálně přechází skrze lig. arcuatum mezi hlavy m. flexor carpi ulnaris (kubitální tunel), kde je zvýšené riziko jeho komprese. Ultrasonografickým nálezem na n. ulnaris

při syndromu sulcus n. ulnaris (dále jen „SUS“) bývá typicky setření normální fascikulární struktury a jeho hypoechogenní rozšíření proximálně od kubitálního tunelu (Gasparotti R. et al., 2017). Jako horní mez normy dokumentují Qrimli se spoluautory hodnotu 11,5 mm² (levá strana) a 11,6 mm² (pravá strana). Jako horní mez stranové difference uvádějí u zdravých dobrovolníků hodnotu 2,5 mm² (Qrimli M. et al., 2016). Novější práce z roku 2015 popisuje horní mez normy 6,7 ± 1,6 mm² (Ellegaard HR. et al., 2015). V recentně publikované práci Fink se spoluautory uvádějí u měření CSA n. ulnaris v úrovni sulcus n. ulnaris dostatečnou reprodukcibilitu (Fink A. et al., 2017). Roodt se spoluautory v práci z roku 2015 navrhuje novou mezní hodnotu 7 mm² (Roodt T. et al., 2015). Přínos a horní mez normy CSA n. ulnaris pro průkaz SUS je však stále předmětem diskuze. Diagnostickou přesnost lze zvýšit vydělením hodnot CSA v úrovni mediálního epikondylu hodnotou ve středu paže (Pompe SM. et Beekman R., 2013). Pompe a Beekman uvádějí jako patologickou hranici tohoto poměru > 2,3 (Pompe SM. et Beekman R., 2013). Ultrasonografie může morfologickým posouzením doplňovat elektrofyziologický průkaz komprese n. ulnaris v úrovni sulcus n. ulnaris. Přínos US je zvláště důležitý ve vyloučení jiné příčiny komprese tohoto nervu např. přítomnosti exostózy, akcesorního m. anconeus epitrochlearis, případně může být odhalen lipom, ganglion či synoviální cysta (Podnar S. et al., 2017; Osmá-Rueda JL. et Amaya-Mujica J., 2017). Pisapia s kolegy popisují použití US při průkazu SUS u pacienta s normálním nálezem na MR lokte a elektrofyziologickém vyšetření (Pisapia JM. et al., 2017). Van Veen se spoluautory v porovnání s elektrofyziologickým vyšetřením dokumentují vyšší senzitivitu US v průkazu SUS u pacientů s anamnézou kratší než 6 měsíců. Na druhou stranu popisují u US nižší specifitu a zdůrazňují význam doplnění elektrofyziologického vyšetření před případným operačním výkonem (van Veen KE. et al., 2015). Další práce popisují význam US v lokalizaci místa komprese (významněji u axonálního postižení) s relevancí pro případný operační zákrok (Omejec G. et al., 2015). Průkaz rozšíření n. ulnaris proximálněji (v průměru 4 cm od sulcus n. ulnaris směrem k axile) budí suspekci na Hansenovou neuropatii při infekci Mycobacterium leprae (Bathala L. et al., 2017). Při použití módu power Doppler, uvádějí Cheng se spoluautory význam při posouzení závažnosti SUS a nepříliš přínosné jeho využití v diagnostice (Cheng Y. et al., 2016). Významné je doplnění dynamického testu k vyloučení dislokace nervu a caput mediale m. tricipitis brachii (Pisapia JM. et al., 2017; Chuang HJ. et al., 2016). Ultrasonografie je zvláště přínosná tam, kde je klinické vyšetření limitované např. při obezitě. Přítomnost dislokace n. ulnaris může negativně ovlivnit přesnost kondukční studie

(Pisapia JM. et al., 2017). Průkaz případné nestability n. ulnaris či caput mediale m. tricipitis brachii v dynamickém testu může být dále relevantní v případě plánování operačního řešení. Dislokace n. ulnaris v dynamickém testu však může být přítomna i u asymptomatických jedinců (Gruber L. et al., 2016). V prevenci falešně negativního nálezu dislokace n. ulnaris někteří autoři doporučují vyvarovat se většímu tlaku sondou na kůži pacienta. Z dorzálního okna lze prohlédnout fossu olecrani a úpon m. triceps brachii. Ruptura tohoto svalu je vzácná a US je schopna ji prokázat.

Zápěstní krajina je vzhledem k povrchovému uložení struktur US vyšetření dobře přístupná (Gitto S. et al., 2017a). Optimální frekvence sondy je nad 15 MHz. S výhodou se dá využít i malá angulovaná sonda tzv. hokejka, která poskytuje lepší možnosti pro manipulaci. US vyšetření může odhalit akcesorní či chybějící sval, případně další anatomické varianty vznikající v ontogenetických souvislostech (Dylevský I., 1968; Čihák R., 1972; Dylevský I., 1986). Extenzorové i flexorové šlachy v oblasti zápěstí jsou povrchově uloženy a jsou dobře přístupné US zobrazení. Je doporučováno systematicky prohlédnout všech šest extenzorových kompartmentů (Özçakar L. et al., 2015d; Rolenc K., 2017). K odhalení dislokace m. extensor carpi ulnaris lze použít prono–supinační test (Sato J. et al., 2016). Významné je US vyšetření v diagnostice syndromu karpálního tunelu (Zamborský R. et al., 2017). Měří se příčný průřez (dále jen „CSA“) n. medianus v místě jeho největšího rozšíření (obr. 14). Za suspektní považujeme hodnotu $> 10 \text{ mm}^2$. Tento parametr lze použít jako screening. Pokud je naměřený číselný údaj $\text{CSA} > 15 \text{ mm}^2$, hovoříme již o pravděpodobném syndromu karpálního tunelu (dále jen „SKT“) (Kurča E. et al., 2008). Fowler se spolupracovníky uvádějí při US diagnostice SKT s použitím měření CSA senzitivitu 77,6 % a specifitu 86,8 % (Fowler JR. et al., 2011). Při použití Δ (delta) parametru odečtením CSA v úrovni m. pronator quadratus od číselného údaje v proximálním karpálním tunelu byla dokumentována 99% senzitivita a 100% specifita (Klauser AS. et al., 2009). Další možností zvýšení výtěžnosti vyšetření je použití WTF (wrist–to–forearm) ratio. Vydělením hodnoty CSA v proximálním zápěstí a údaje 12 cm proximálně od distální zápěstní rýhy za použití spodní hranice 1,4, dokumentují Hobson-Webb se spoluautory 100% senzitivitu. Specifita nebyla vzhledem k designu studie vypočtena (Hobson-Webb LD. et al., 2008). Při podezření na toto onemocnění je US vyšetření indikováno, pakliže je dostupné (Fowler JR. et al., 2013). Využíváme vysokofrekvenční sondy o frekvenci 10–22 MHz. V místě komprese sledujeme

změny kalibru nervu ve smyslu zúžení. Proximálně (někdy distálně) pozorujeme „příznak láhve“ z rozšíření při poruše axonálního transportu.



Obr. 14. Příčný sonogram levého zápěstí s použitím smíšeného frekvenčního rozsahu v režimu “resolution”, na lineární sondě LA 3-16A. Příčný průřez nervus medianus (tečkované eliptické ohraničení) byl vyšší (31,0 mm²) než horní hranice normy (15,3 mm²). Nervus medianus se kromě rozšíření zobrazuje s patologickou hypoechogenitou a patrným setřením fascikulární struktury nervu. Arteria ulnaris (bílá šipka).

Význam US je ale i v detekci možné strukturální abnormality. Může se jednat např. o tenosynovitis flexoru, ganglion, nádor periferního nervu, n. medianus bifidus, akcesorní sval či arteria nervi mediani persistens. V a. nervi mediani persistens může dojít k formaci trombu. Tento stav imitující idiopatický SKT může být úspěšně řešen antikoagulační léčbou (Ata AM. et al., 2016a). Nově zkoumanou metodou při vyšetření SKT je sonoelastografie hodnotící tuhost n. medianus (Orman G. et al., 2013). Na n. medianus bylo demonstrováno použití ultravysokofrekvenčních sond (70 MHz), s jejichž použitím lze poměrně spolehlivě posoudit mikrostrukturu až k jednotlivým fasciklům (Cartwright MS. et al., 2017). Důležitá je úloha US při navigaci léčebného obstríku u SKT (Özçakar L. et al., 2016). Jedná se o jeden z nejčastějších

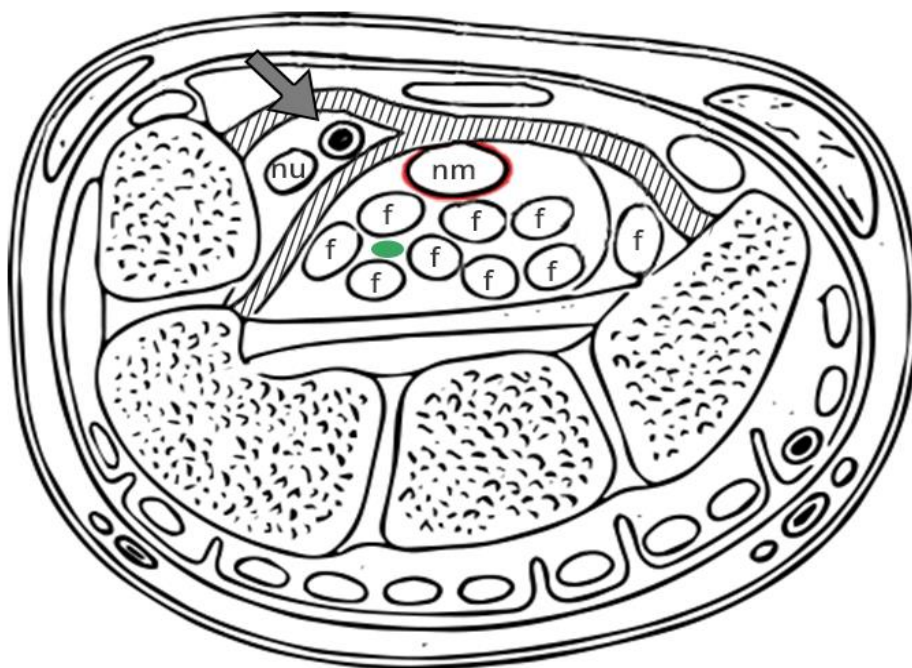
intervenčních výkonů prováděných v našem zdravotnickém zařízení. Někteří autoři pokládají za vhodné místo aplikace prostor mezi šlachami flexorů. Zastánci této techniky předpokládají jako převažující patofyziologický mechanismus zvýšení tlaku v karpálním tunelu v důsledku edému tenosynovia (vagina synovialis) flexorů (Podnar S. et. Omejec G., 2016; Bodor M. et al., 2016). Další autoři předpokládají existenci adhezí okolo n. medianus v důsledku dlouhotrvající ischemie. Tyto adheze v okolí nervu lze mechanicky rozrušit hydrodisekcí, tedy aplikací tekutiny do těsné blízkosti n. medianus (Cass SP., 2016; Smith J. et al., 2008). Ultrasonograficky navigované aplikace v těsné blízkosti nervu dle některých pozorování ukazují vyšší účinnost oproti obstríků karpálního tunelu palpační metodou (Ustün N. et al., 2013). Lze se tedy domnívat, že redukce edému tenosynovia flexorů není jediným mechanismem účinku a v důsledku zvýšeného intrakarpálního tlaku, edému n. medianus a poruše mikrocirkulace dochází ke vzniku adhezí v okolí nervu. Hydrodisekce volumem injektátu s adheziolýsou umožňuje zvýšení plochy přímého kontaktu léčivé látky s mediánním nervem a mechanické oddělení od okolních potencionálně patologicky alterovaných struktur, jako jsou šlachy flexorů či retinaculum flexorum (Dylevský I., 1969; Smith J. et al., 2008; Orman G. et al., 2013). Na indikace léčebného obstríku s kortikostetkem však není zcela jednoznačný konsenzus. V porovnání s placebem dochází po aplikaci léčebného obstríku s kortikostetkem k signifikantnímu krátkodobému ústupu symptomů (Chen PC. et al., 2015; Atroshi I. et al., 2013). Visser se spoluautory popisují více než 15měsíční účinnost léčebného obstríku s lehkým stupněm postižení dle elektrofyziologických studií (Visser LH. et al., 2012). Autoři randomizované studie se čtyřiceti šesti pacienty uvádějí výraznější efekt a časnější nástup účinku po obstríku pod US navigací v porovnání s injekcí palpační metodou (Ustün N. et al., 2013). Atroshi se spoluautory v kvalitní randomizované, placebem kontrolované studii popisují mírné snížení pravděpodobnosti potřeby operačního řešení po jednom roce od injekce s kortikostetkem (Atroshi I. et al., 2013).

Chen se spoluautory v meta-analýze zahrnující deset studií s celkem šesti sty třiceti třemi pacienty injikovanými „in-plane“ a „out-of-plane“ US metodami navigace nachází vyšší terapeutickou účinnost u „in-plane“ přístupu z ulnární strany (Chen PC. et al., 2015). In-plane přístup v příčné ose zápěstí je výhodný i z pohledu cílení aplikace pod retinaculum musculorum flexorum (Ata AM. et al., 2016b). Jako léčebná látka se kromě kortikostetku zkouší i krevními destičkami obohacená plazma či botulotoxin typu A. Na animálních modelech byla zjištěna regrese strukturálních změn n. medianus po injekci hypertonické dextrózy. Někteří autoři

dokumentují úspěšné použití sonograficky navigované chirurgické release lig. carpi transversum (Apard T. et Candelier G., 2017). Vzhledem k jisté kontroverzi v cílení aplikace injektátu při léčebném obstríku u SKT jsme zahájili randomizovanou studii porovnávající obě popsané techniky (obrázek 15) (ClinicalTrials.gov NCT02907671, souhlas etické komise FBMI ČVUT: A005/016, výzkumný záměr – příloha 2).

Pomocí dynamických manévrů lze na zápěstí vyšetřit stabilizující ligamenta (Gitto S. et al., 2017b). Při poranění lig. collaterale ulnare pollicis se US používá k posouzení stability metakarpofalangeálního kloubu a případné přítomnosti Stenerovy léze. S využitím vysokofrekvenčních sond lze hodnotit stav šlachových poutek. Sonografické vyšetření zápěstí a ruky bylo v klinických oborech historicky doménou revmatologie. Rezaei se spoluautory uvádějí na souboru sto tří pacientů signifikantní zvýšení přesnosti diagnostiky revmatoidní artritidy s použitím MSK US (Rezaei H. et al., 2014). V detekci kostních erozí v časném stádiu onemocnění revmatoidní artritidou má MSK US zásadní význam (Tāmaş MM. et al., 2014). Použití US v oblasti zápěstí je však v některých případech limitováno, např. při posuzování triangulárního fibroartilaginózního komplexu.

Mezi hlavní limitace metody patří subjektivita interpretace nálezu a potřeba poměrně dlouhého specializovaného výcviku (Hlinomazová Z. et Hrazdira I., 2004). Orientaci v sonoanatomii usnadňují anatomické atlasy či různé interaktivní studijní aplikace (Dvořáková Z. et al., 2008). Další limitací je horší kvalita zobrazení hluboko uložených struktur a omezený komplexní prostorový náhled na zájmovou krajinu (Henderson R. et al., 2015). Zobrazení je dále omezené, pokud vyšetřovaná oblast leží v akustickém stínu kostních struktur. V některých případech může být limitací omezené kontrastní rozlišení např. u periferních nervů (Gasparotti R. et al., 2017). Dále je problematická standardizace hodnocení echogenity (Hrazdira I., 2011). U zkušených MSK sonografistů je však „inter–observer“ reliabilita přijatelná.



Obr. 15. Schématické znázornění dvou diskutovaných technických variant provedení léčebného obstríku karpálního tunelu (zeleně – místo aplikace obstríku mezi šlachy flexorů, červeně – místo aplikace obstríku s hydrodisekcí n. medianus; nm – n. medianus, šipka – a. ulnaris, nu – n. ulnaris, f – šlachy flexorů, šrafovaně – retinaculum musculorum flexorum).

3. PROBLEMATIKA NOŠENÍ OBUVI S ANTEPEDÁLNÍ TLAKOVOU REDISTRIBUCÍ NA POHYBOVÝ APARÁT

Některé odhady uvádějí, že až 40 % žen nosí pravidelně OATR. Podle řady studií OATR podporuje ženskou přitažlivost (Guéguen N. et Stefan J., 2015). Guéguen N. se spoluautory experimentálně prokazují větší atraktivitu žen s OATR v porovnání s obuví bez podpatku. V této studii byli respondenti zaslepení typem obuvi zakrytím patřičné části fotografie. Tento psychosexuální jev tedy pravděpodobně není spojen pouze přímo s konkrétní obuví, ale také se sdruženou změnou zakřivení páteře a zvýrazněním gluteálních kontur (Guéguen N. et al., 2016).

Chůze v OATR je spojena s posunem těžiště lidského těla ventrokraniálně. Kinematickým důsledkem chůze v OATR je její zpomalení, prodloužení fáze dvojí opory a zkrácení délky kroku. Podle některých studií nošení OATR v důsledku zvýšené aktivity svalů dolní končetiny zvyšuje energetickou náročnost chůze (Blanchette MG. et al., 2011).

Dlouhodobé nošení OATR bývá spojováno s řadou nežádoucích vlivů na pohybový aparát (Barnish MS. et Barnish J., 2016). Předpokládanou příčinou jsou funkční a strukturální změny v důsledku chronického přetěžování. Vliv nošení OATR na zdraví byl ve většině případů studován metodou experimentálních kinematických studií. V systematickém přehledovém článku publikovaném 1. srpna 2017 v *BMC Public Health* uvádějí britští autoři Max Barnish, Heather May Morgan a Jean Barnish jako první do společného kontextu publikované práce zahrnující psychosexuální aspekty, laboratorní experimenty a epidemiologická data. Výstupem práce je zvýšené riziko rozvoje halluces valgus, poranění hlezna a muskuloskeletální bolesti u žen často nosících OATR (Barnish M. et al., 2017).

Při vzniku hallux valgus uvádějí Menz se spoluautory jako významný rizikový faktor úzkou špičku boty. V důsledku prolongované abdukované pozice palce dochází k fibrooseální strukturální přestavbě. Jako kategorii se zvláště zvýšeným rizikem uvádějí ženy ve věku 20–39 let (Menz HB. et al., 2016; Moore JX. et al., 2015; Barnish MS. et Barnish J., 2016). Chůze v OATR podle některých autorů nepříznivě ovlivňuje funkci hlezna. Nebezpečí poranění hlezna je akcentováno zhoršenou balanční stabilitou (Truszczyńska A. et al., 2016; Mika A. et al., 2016). Některé studie uvádějí zvýšení rizika zranění v pozdní stojné fázi kroku při pozici hlezna v inverzi a plantární flexi (Cronin NJ., 2014; Karia S. et al., 2016; Barkema DD. et al., 2012). S nošením

OATR bylo v souvislosti s plantární flexí dokumentováno zvýšené napětí lig. talofibulare anterius (Yu J. et al., 2016). V kompenzaci zvýšených reakčních sil od podložky v první polovině stojné fáze kroku a postavení hlezna v plantární flexi během odrazové části stojné fáze kroku se uplatňuje zvýšení abdukčního a flekčního momentu síly.

Jsou ale předpokládány i další zdravotní důsledky nošení OATR, jako je chronická lumbalgie, osteoartróza kolena a bolesti chodidla s tvorbou tylomat (Kerrigan DC. et al., 1998; Fu F. et al., 2016; Borchgrevink GE. et al., 2016). S rozvojem chronické lumbalgie bývá spojováno lordotické držení bederní páteře a antevertze pánve. Názory na přítomnost zvětšení bederní lordózy při chůzi v OATR však nejsou jednotné (Cronin NJ., 2014; Baaklini E. et al., 2017). Jiní autoři vznik bolestí v kříži vysvětlují zvýšenými vertikálními tlaky na bederní obratle společně se svalovou únavou (Cronin NJ., 2014).

Někteří autoři popisují u žen nosících OATR rozšíření Achillovy šlachy a zkrácení svalových vláken m. gastrocnemius medialis (Csapo R. et al., 2010; Zöllner AM. et al., 2015). Zvláštní pozornost byla v experimentálním kinematickém výzkumu věnována možnému vlivu nošení OATR na akceleraci rozvoje osteoartrózy kolenního kloubu (Radzimski AO. et al., 2012). Asociace nošení OATR a zvýšeného rizika rozvoje osteoartrózy však zatím nebyla epidemiologicky prokázána (Barnish M. et al., 2017; Barnish MS. et Barnish J., 2016).

Distální femorální chrupavka ani plantární fascie nebyla zatím u žen nosících OATR přímo studována. Nabízí se hypotéza, že distální femorální chrupavka, Achillova šlacha a plantární fascie podléhají u žen často nosících OATR strukturálním změnám.

4. HYPOTÉZY A CÍLE

Tab. 2. Hypotetické morfologické změny vybraných struktur dolní končetiny.

	Přítomna hypertrofie	Hypertrofie nepřítomna
Distální femorální chrupavka	H ₁	H _{0_1}
Achillova šlacha	H ₂	H _{0_2}
Plantární fascie	H ₃	H _{0_3}

Cíle

1. Ověření hypotéz existence statisticky významných morfologických změn kloubní chrupavky distální epifyzy femuru (dále jen „distální femorální chrupavka; DFC), tendo calcaneus (dále jen „Achillova šlacha; AT) a aponeurosis plantaris (dále jen „plantární fascie; PF“) u žen nosících často OATR.
2. Příspěvek k využití MSK US v diagnostice vybraných onemocnění dolní končetiny.

5. MATERIÁL A METODIKA

V této práci je využíváno metod kvantitativního i kvalitativního výzkumu. Podklady pro disertační práci byly sbírány na ambulantním pracovišti Rehabilitační a fyzikální medicíny v Litoměřicích. Na tomto pracovišti se MSK US provádí od roku 2015 rutinně. Akademické zázemí poskytla Fakulta biomedicínského inženýrství Českého učení technického v Praze (dále jen „FBMI“) a 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy (dále jen „1. LF UK“).

5.1 Výzkumný soubor

V přípravě byl použit standardní metodický postup dle „STROBE statement“ (von Elm E. et al., 2014). Do studie bylo po schválení projektu etickou komisí a získání informovaného souhlasu od testovaných dobrovolnic zařazeno celkem 91 žen (ve věku 20–45 let) z populace zaměstnankyň fakultní nemocnice a jejich příbuzných/přátel. Zařazeno bylo 34 zdravých asymptomatických žen exponovaných zkoumanému rizikovému faktoru častého nošení OATR (střední hodnota věku: $31,1 \pm 6,4$ let; BMI: $21,6 \pm 2,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$) a 57 žen bylo zařazeno do skupiny kontrolní (střední hodnota věku: $29,5 \pm 7,3$ let; BMI: $22,5 \pm 3,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$). Ženy, které anamnesticky uvedly nošení OATR > 5 cm (kontinuálně v posledních dvou letech minimálně: pět dní/týden a pět hodin vcelku/den) byly zařazeny do skupiny „exponované“. Vyřazeny byly probandky se získanými či vrozenými abnormalitami kolenních/hlezenních kloubů či metabolickými/revmatickými onemocněními. Zdravotní stav dobrovolnic byl posuzován pomocí anamnestického a fyzikálního vyšetření.

Od velikosti zkoumaného souboru se odvíjí další postup, včetně volby použitých statistických metod (Das S. et al., 2016). Velikost výběrů zohledňuje rovněž závažnost výzkumné otázky. V případě našeho výzkumu, kde se jednalo o vliv dlouhodobého nošení OATR na morfologii vybraných struktur dolní končetiny, byl jako nástroj k pozorování souvislostí mezi expozicí rizikovému faktoru (nošení OATR) a sledovanými morfologickými parametry na dolní končetině zvolen průřezový typ observační studie. Velikost zkoumaného souboru při verifikaci ovlivňuje normalitu, předpokládanou parametrickými testy (výpočty t-testy byly použity

k porovnání rozdílů v rámci exponované a kontrolní skupiny). Distribuční funkce normálního rozdělení je ve tvaru

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt,$$

kde $\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$ je maximum střední hodnoty – μ Gaussovy křivky a je nepřímo úměrné směrodatné odchylce – σ . Parametr μ značí střední hodnotu, okolo které se soustřeďují naměřené číselné údaje. Integrál výpočtu ukazatelů distribuční funkce je tabelizovaný pro případ normovaného normálního rozdělení, kde střední hodnota = 0 a směrodatná odchylka = 1; (0,1). Ostatní případy $N(\mu, \sigma^2)$ jsou vyjádřeny vztahem:

$$F(x) = \Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right),$$

Při výpočtu odhadu zvýšení tohoto rozměru na hodnoty nižší než 4 mm zde vychází pravděpodobnost na 62,44 %. Metoda záměrného výběru s podmínkou splnění podmínek normality byla realizována s vědomím jistých limitací v souvislosti s regionálními podmínkami.

Minimální velikost vzorku je ověřena výpočtem s ohledem na požadavek přesnosti a spolehlivosti dle vztahu:

$$n \geq z^2 \cdot \frac{d \cdot (1-d)}{(d-r)^2},$$

kde: n – minimální rozsah vzorku,

z – koeficient spolehlivosti odhadu (v tomto případě byla zvolena spolehlivost 95 %; z = 1,96),

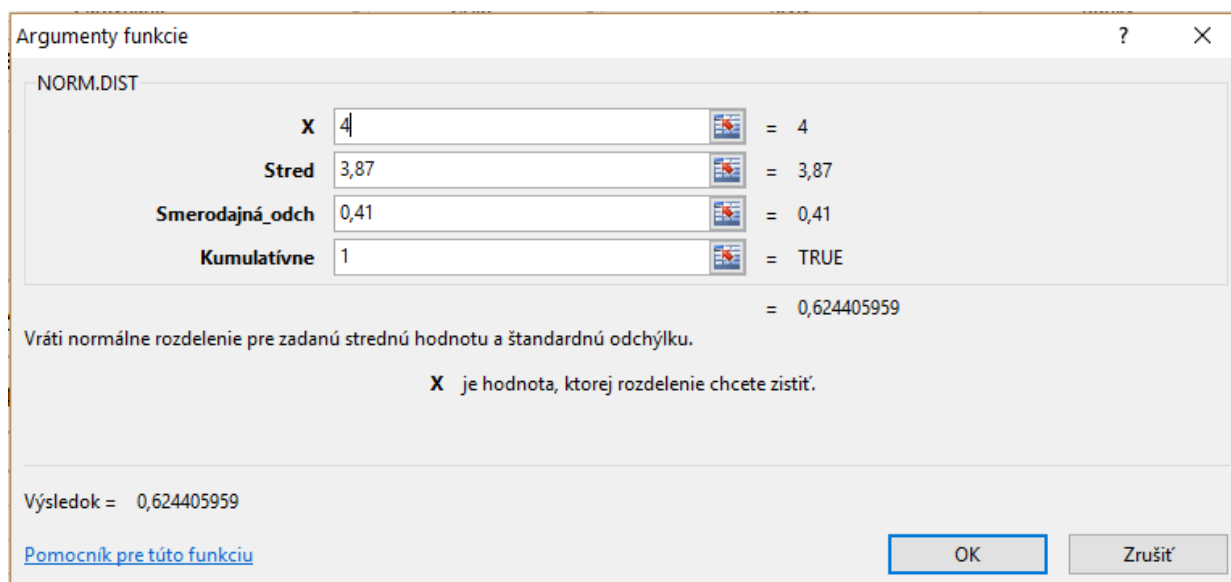
d – přípustná míra odchylky,

r – očekávaná míra odchylky.

Normální rozdělení slouží jako pravděpodobnostní model výskytu řady jevů v populaci, např. incidence onemocnění. Metoda náhodného výběru je limitována řadou faktorů. Vzhledem ke skutečnosti, že se v našem výzkumu nejednalo o např. mezinárodní multicentrickou studii

zahrnující celou populaci, použili jsme metodu záměrného výběru (Martínez-Mesa J. et al., 2014). Výzkumný tým vybíral dobrovolnice podle vybraných znaků diskutovaných výše.

Statistické výpočty byly realizovány v souvislosti s velikostí a vnitřní distribucí zkoumaného souboru. Hodnota distribuční funkce normálního rozdělení je vyjádřena v programu Microsoft Excel funkcí NORM.DIST, znázorněná na příkladu exponované skupiny při statistickém zpracování naměřených předozadních rozměrů Achillovy šlachy na pravé dolní končetině (obr. 16).



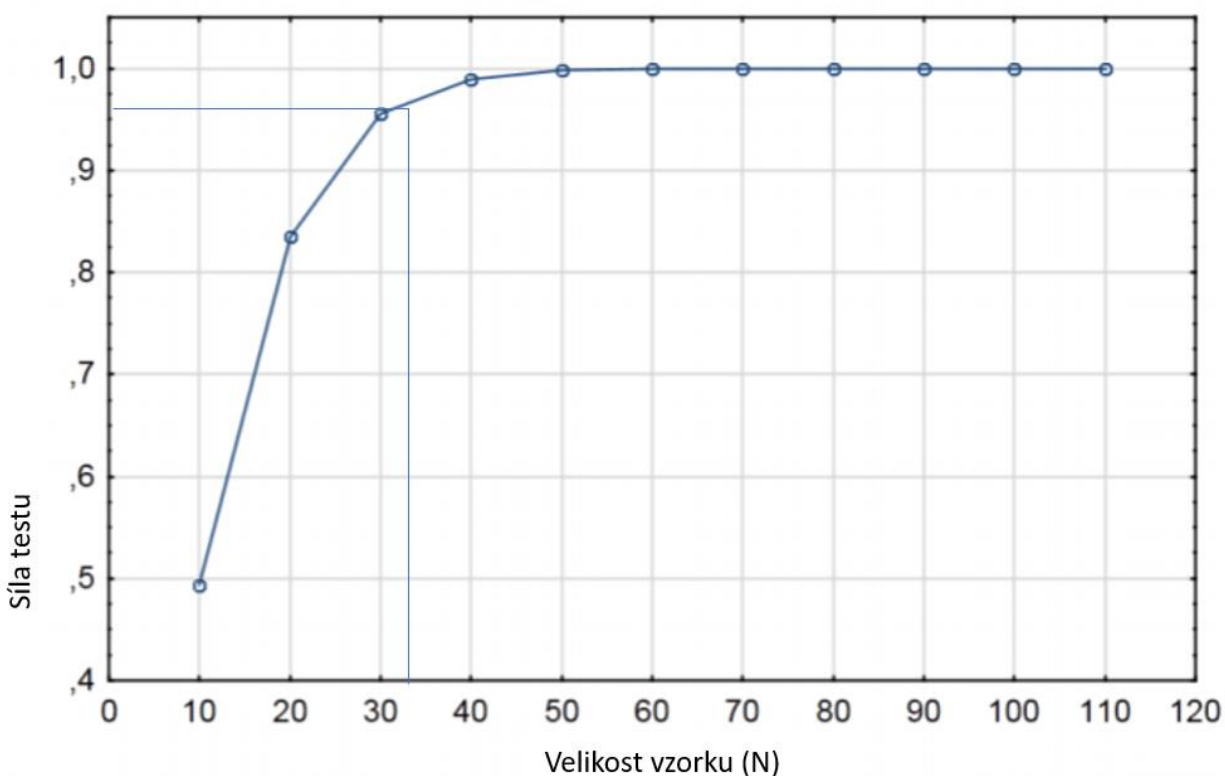
Obr. 16. NORM.DIST programu MS Excel. X – je kritická hodnota, pro kterou je počítána pravděpodobnosti; stred – je naměřená střední hodnota v daném souboru; smerodajná_odch – je směrodatná odchylka daného souboru; kumuativne – je logická hodnota – 1, pro distribuční funkci normálního rozdělení.

Ze souboru byly vyřazeny ženy se získanými či vrozenými abnormalitami kolenních/hlezenních kloubů či metabolickými/revmatickými onemocněními. Po dosazení parametrů do vztahu pro výpočet minimální velikosti vzorku tak, že je koeficient spolehlivosti 1,96 (při $\alpha = 0,05$) a přípustné míry odchylky 0,12 (tedy 12 %) vychází minimální velikost souboru na 34, což odpovídá velikosti exponované skupiny.

$$n \geq 1,96^2 \cdot \frac{0,12 \cdot (1 - 0,12)}{(0,12 - 0,01)^2} = 33,52 \cong 34.$$

Vycházíme však z předpokladu, že odchylka bude nižší a rozdíl zjištěný ve zkoumaném souboru se nebude lišit od průměru základního souboru o víc než jedno procento. Při této hladině je soubor ($N = 34$) dostačující a Kolmogorovův-Smirnovův test potvrdil normalitu rozdělení obou souborů.

Síla testu ($z = 0 - 1$) k zamítnutí nulové hypotézy se ze statistického hlediska spolehlivostí výsledků optimálně blíží hodnotám $z \rightarrow 1$ (obr. 17). Zvětšováním rozsahu souboru je tedy možné zvýšit sílu testu, ale jen v racionální míře, neboť rozsah je přímo úměrný nákladům na výzkum a jeho nepřiměřené navýšení by také vedlo k neetickému zpoždění publikace výsledků s možnými negativními zdravotními a socioekonomickými důsledky (Cesana BM. et Antonelli P., 2016).



Obr. 17. Diagram závislosti síly testu na velikosti vzorku (N) pro korelaci a t-test. Z diagramu je patrné, že exponovaný soubor má rozsah $N = 34$ a že koeficient síly testu je 0,95. Na základě uvedeného je zřejmé, že námi zjištěné výsledky můžeme zevšeobecnit minimálně na zkoumanou lokalitu.

5. 2 Přístrojové vybavení

K získání podkladů pro disertační práci byl použit US přístroj Samsung UGEO HM70A (Korea, Seoul, kat. označení: USS-HM7AF1B/WR, výrobní číslo: S0UZM3HG400012W s lineární sondou 3–16MHz, kat. označení: USP-L03GN4A/WR, výrobní číslo: K0HAM3GFC00027H a konvexní sondou 2–5MHz, kat. označení: USP-C025E0A/WR, výrobní číslo: K0BWM3GG700016F) (obrázek 18).



Obr. 18. Ultrasonografický přístroj Samsung UGEO HM70A.

Jedná se o přístroj uvedený na trh v roce 2015. Využívá 128 hardwarových kanálů. Mezi technologie mající vliv na výstupní kvalitu obrazu se zde uplatňuje funkce *prostorového skládání obrazu* (Spatial Compound), která zvyšuje tkáňový kontrast a umožňuje jednodušší orientaci ve vyšetřované oblasti. Funkce *rozšiřující zobrazené pole* (Panoramic Imaging) má teoretický limit výrobcem stanoven na 180 cm, v rámci výzkumu se však jednalo o obrazce délky maximálně 50 cm. Ke kvantifikaci morfologie byla využita lupa zvětšující okolí kaliperu při měření, umožňující přesnější umístění a zlepšení opakovatelnosti měření. Pro intervenční aplikace byla použita funkce *zobrazení jehly* (Needle Mate). Tato speciální funkce přispívá k přesnějšímu umístění hrotu jehly do cílové oblasti a zjednodušuje její zavedení. Při intervencích byla také používána funkce zobrazení ultrazvukové výseče na celé obrazovce. Pro

objektivizaci patologické vaskularizace byla použita funkce *širokospektrálního barevného doppleru* (S-flow). Statické i dynamické aplikace byly ukládány na místní disk a následně exportovány na USB kapacitní zařízení (formáty TIFF a AVI). Multifrekvenční *lineární sonda* pracuje v rozmezí 3–16 MHz se 192 elementy – piezokrystaly v jedné řadě délky 38 mm. Tato sonda patří do kategorie „single-crystal“ sond, tj. snímačů, které udržují piezoelementy trvale v polarizovaném stavu pomocí stejnosměrného napětí. Tato technologie vytváří větší odstup signál–šum, zvyšující kvalitu obrazu a snižuje vyzařovaný ultrazvukový výkon. *Konvexní sonda* pracující ve frekvenčním pásmu 2–5 MHz byla kvůli kvalitnějšímu zobrazení hlubších struktur využívána zejména pro vyšetření kyčelního kloubu u obézních pacientů a pro navigaci intervenčních výkonů na páteři (obrázek 19).



Obr. 19. Lineární (vlevo) a konvexní sonda (vpravo).

Ve vybraných případech byla použita vysokofrekvenční lineární sonda (Linear Probe GE L10-22-RS) na přístroji GE NextGen Logiq e (General Electric, Toronto, Canada). Lineární sondou byly vyšetřovány následující tkáně: klouby, kostní povrchy, svaly, šlachy, nervy, ligamenta, cévy a podkoží. Ve vybraných případech byla ke zlepšení vizualizace použita speciální echogenní jehla Pajunk SonoPlex 22 G x 80 mm.

Pro posouzení úrovně vaskularizace byla použita funkce *power Doppler* (*silový Doppler*). Umožňuje barevné zobrazení dopplerovské energie odražené od pohybujících se krevních elementů. Velikost této energie odpovídá „hustotě“ erytrocytů a projevuje se různým stupněm zabarvení odpovídajících pixelů. Jistou výhodou je, že detekce toku není příliš závislá na dopplerovském úhlu. Na druhou stranu zde chybí informace o směru toku (Hrazdira I., 2011). Tento nedostatek eliminuje stále se zdokonalující metoda, která se nazývá směrový energetický Doppler (*Directional Power Doppler*). Silový Doppler se využívá zejména pro zobrazení proudění v malých cévách a v MSK US má zásadní význam pro posouzení perfuse vyšetřované tkáně (Hrazdira I., 2011). Senzitivita je ovšem nízká při detekci výrazně pomalých toků. V revmatologii se používá k posouzení aktivity zánětlivého onemocnění (D'Agostino MA. et al., 2016). Je také významný pro verifikaci neovaskularizace u chronických entezopatií. Při použití kontinuálního dopplerovského (dále jen „CW“) režimu jsou rychlosti snímány po celé délce vysílaného paprsku. V každém pixelu se zobrazuje informace o průměrné rychlosti toku. Směr toku ve vztahu k sondě je rozlišen konkrétní barvou a rychlost toku určuje její jas. Využíván je typicky ve vaskulárních aplikacích. *Dynamický tok* využívá zobrazení amplitudy rozptylových pohybujících se částic subtrakcí několika obrazových vektorů podél téže zobrazovací linie. Zajišťuje to lepší zobrazení toku nezávisle na dopplerovském úhlu s vysokým prostorovým, kontrastním i časovým rozlišením. Oproti barevným zobrazovacím metodám zobrazuje věrněji skutečnou cévní strukturu (Hrazdira I., 2011). Lim se spoluautory v recentní studii dokumentují zvýšenou senzitivitu v detekci zánětlivé reakce nízkého stupně ve srovnání s metodou power Doppler (Lim AKP. et al., 2017).

Panoramatické zobrazení bylo použito k dokumentaci širokoúhlého pohledu, který usnadňuje posouzení morfologie, rozměrů i anatomických souvislostí. Umožňuje souvislé sejmutí obrazu tkáně nebo orgánu v požadovaném směru a jeho převedení do paměti přístroje. Posunem sondy přístroj rozpozná směr pohybu a skládá obraz z jednotlivých částí. Výhodou takto získaného zobrazení je prostorové kódování rozměrů pixelů umožňující v takto získaném obrazu měřit pomocí kaliperu a získat výsledek v metrické soustavě (cm nebo mm). Panoramatická funkce je doplňkem ke konvenčnímu zobrazení, které v některých případech poskytuje jen částečný pohled na vyšetřovanou krajinu (Hrazdira I., 2011). Zhotovení panoramatické obrazové dokumentace je však technicky a časově náročné.

5.3 Metodika měření

Vyšetření probíhala v době 13–15 h. Manipulační stranová preference byla zjišťována dotazem „kterou nohou byste kopla do fotbalového míče“. Sonografická měření byla provedena dle standardních protokolů (Özçakar L. et al., 2015e; Özçakar L. et al., 2015f). K posouzení výšky distální femorální chrupavky byla použita standardní metoda měření (Naredo E. et al., 2009). Distální femorální chrupavka byla měřena z axiálního řezu (při maximální flexi vyšetřovaného kolena). Měření s použitím funkce „diameter“ bylo provedeno v oblasti interkondylické, dále z mediálního a laterálního kondylu femuru (obr. 20).



Obr. 20. Axiální sonogram ilustruje měření na distální femorální chrupavce. MFC; mediální femorální kondyl, ICA; interkondylická oblast, LFC; laterální femorální kondyl.

Předozadní rozměr Achillovy šlachy byl odečten na úrovni distálních okrajů mediálního a laterálního malleolu (obr. 21). Ke kvantifikaci byla použita standardní metoda měření (Johannsen F. et al., 2016).



Obr. 21. Axiální sonogram Achillovy šlachy. Přerušovaná linie - předozadní rozměr Achillovy šlachy.



Obr. 22. Longitudinální sonogram plantární fascie. Přerušovaná linie – šířka plantární fascie.

Šíře plantární fascie byla měřena v úrovni úponu na tuberositas calcanei (obr. 22). Ke kvantifikaci byla použita standardní metoda měření (Johannsen F. et al., 2016).

Dokumentovány byly případné abnormality (osteofyty, kalcifikace, tendinopatie, fasciitida, burzitida, zvýšený signál power Doppler). Všechna měření byla provedena stejným MSK sonografistou (se sedmiletou praxí), který byl „zaslepen“ typem užívané obuvi. Pro každý

parametr byla provedena tři měření, která se lišila méně než o 5 %. Zaznamenána byla střední hodnota.

5.4 Statistická analýza

Pro statistickou analýzu byl použit statistický software SPSS 23.0 (Statistical Package for Social Sciences) pro Windows. Ke statistickému vyhodnocení dat byly použity metody deskriptivní statistiky (aritmetický průměr, směrodatná odchylka, maximum, minimum). Kolmogorovovým-Smirnovovým testem byla ověřena normální distribuce analyzovaných proměnných. Byl použit dvouvýběrový test hypotézy H_0 umožňující testování shody spojitě empirické a teoretické distribuční funkce se známými parametry. Testována byla nulová hypotéza o shodě empirického a teoretického pravděpodobnostního rozdělení, bez statisticky významného rozdílu mezi rozděleními. Normální rozdělení bylo určeno nulovou hypotézou H_0 a empirická distribuční funkce naměřenými hodnotami výběru. V souvislosti s opakováním proměnných jsme zvolili Kolmogorovův-Smirnovův test jako metodu vhodnou k testování hypotézy o normálním rozdělení i pro malé rozsahy:

$$D = \sup_x |F_n(x) - F(x)|,$$

kde $F_n(x)$ je empirická distribuční funkce v bodě x a $F(x)$ je hodnota teoretické distribuční funkce v bodě x . Symbol *sup*, označující supremum, je horní ohraničení, největší z rozdílů mezi hodnotami empirické a teoretické funkce, porovnávanou hodnotou kritickou $D_n(\alpha)$ (Markechová D. et al., 2011).

Pro spojitě proměnné v porovnání pravé a levé strany v rámci jedné skupiny byl použit párový t-test. Na vzorku probandů jsme při stranovém porovnání zjišťovali hodnoty dvou navzájem souvisejících či logicky sdružených znaků X a Y . K porovnání této dvojice proměnných jsme použili párový test. Dvouvýběrovým párovým t-testem jsme porovnali střední hodnoty kvantitativního znaku X , Y na dvou závislých souborech. Testována byla nulová hypotéza, kdy se rozdíl středních hodnot (znak $-\Delta$) jednoho a druhého výběru rovnal nule: $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$, oproti oboustranné alternativní hypotéze $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$. Tvar testovací statistiky:

$$t = \frac{\bar{Z} - \Delta}{S_z} \cdot \sqrt{n},$$

kde Z je výběrový průměr, Δ je rozdíl, S je rozptyl a n je počet prvků ve výběrech X a Y , který byl v párovém testu shodný v obou množinách. V případech, kdy byla výsledkem testu hodnota pravděpodobnosti p menší než zvolená hladina významnosti α : $p < \alpha_{(0,05)}$, považovali jsme rozdíl mezi středními hodnotami mezi skupinami za statisticky významný.

Porovnání skupiny žen nosících OATR a skupiny kontrolní bylo provedeno Studentovým t-testem pro nezávislé vzorky. Probandky byly rozděleny podle míry expozice rizikovému faktoru do dvou skupin, se záměrem použití dvouvýběrového t-testu k potvrzení či vyvrácení statisticky významného rozdílu sledovaných parametrů zdraví mezi experimentální a kontrolní skupinou ve prospěch skupiny experimentální.

Dvouvýběrovým t-testem jsme testovali nulovou hypotézu H_0 předpokládající, že mezi oběma soubory neexistuje statisticky významný rozdíl v jejich středních hodnotách. Před testováním jsme rozlišili, zda se jednalo o srovnání dvou nezávislých souborů, nebo dvou souborů závislých, kdy jsme použili párový t-test. V případech, kdy byly naměřené výsledky realizací náhodného výběru ze základního souboru, na kterém mají pozorované znaky X a Y normální rozdělení, byly na srovnání rozdílů středních hodnot přímo použity dvouvýběrové t-testy. Znaky X , Y nebyly realizací náhodného výběru s nezávislými proměnnými, použili jsme tedy test normality Kolmogorovův-Smirnovův pro ověření normality a následně t-test. F-test nebyl v tomto případě použit v souvislosti s publikovanými pracemi zpochybňující tvrzení, že by rozhodnutí na základě testu na rovnost rozptylů přinášelo přesnější výsledky než jednoduché rozhodnutí o použití některého t-testu na základě srovnání standardních odchylek (Shen J. et He X., 2014; Berry KJ. et al., 2011).

T-test jsme použili k testování hypotézy o rovnosti středních hodnot μ_1 , μ_2 . Při shodnosti rozptylů souborů byl jako testovací kritérium použit vztah:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S},$$

Kde jsou čitateli aritmetické průměry jedné a druhé skupiny a S je společný rozptyl vyjádřený vztahem:

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1) \cdot s_1^2 + (n_2 - 1) \cdot s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}; \quad s = s_p \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

Oproti nulové hypotéze

$$H_0: \mu_1 = \mu_2;$$

jsme testovali oboustrannou alternativní hypotézu

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2.$$

Při hodnotách pravděpodobnosti p nižších než je zvolená hladina významnosti α : $p < \alpha_{(0,05)}$, jsme považovali rozdíl mezi středními hodnotami mezi skupinami za statisticky signifikantní.

V případě kategoričkých proměnných byl použit Pearsonův chi-kvadrát (χ^2) test anebo Fisherův exaktní test.

Induktivní statistickou metodikou s použitím chi-kvadrát testu jsme testovali nulovou hypotézu

$$H_0 : F = F_0,$$

oproti alternativní hypotéze

$$H_1 : F \neq F_0.$$

χ^2 metoda ověřuje:

- a) shodu v rozdělení mezi empirickými a teoretickými četnostmi – (χ^2 test dobré shody),
- b) nezávislost kvalitativních znaků vycházejících z kontingenční tabulky, (χ^2 test pro asociační tabulku 2×2 nebo kontingenční tabulku $k \times m$ znaků),
- c) normální rozdělení s $n > 100$.

Testem jsme porovnali shodu v rozdělení mezi četnostmi empirickými (naměřenými) $f(x)$ a teoretickými (očekávanými) $g(x)$ vycházejícími z frekvenční tabulky. Pro H_0 platilo, že mezi empirickými a teoretickými četnostmi neexistoval statisticky významný rozdíl –

$$f(x) = g(x).$$

Test jsme použili v případech, kdy teoretické četnosti splňují podmínku $f_{0j} \geq 5$. S rostoucím počtem stupňů volnosti se tato podmínka měnila následovně: $k - r - l \geq 3$; $f_{0j} \geq 4$ a pro $k - r - l \geq 6$; $f_{0j} \geq 1$,

kde: k – je počet tříd,
 r – počet odhadovaných parametrů rozdělení (v případech testování normality rozdělení
byly odhadované parametry μ a σ^2),
 $f_{o,j}$ – očekávané četnosti.

S použitím vztahu:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(f_{e,j} - f_{o,j})^2}{f_{o,j}},$$

kde: $f_{e,j}$ – je empirická četnost,
 $f_{o,j}$ – očekávaná četnost.

V případech, kdy test odhadl hodnotu p menší než zvolená hladina významnosti α : $p < \alpha_{(0,05)}$, považovali jsme rozdíl mezi teoretickým a empirickým rozdělením za statisticky významný se zamítnutím nulové hypotézy v prospěch alternativní hypotézy. χ^2 – test jsme použili na testování nezávislosti znaků za podmínek rozsahu souboru $n > 40$. V rozmezí $20 < n \leq 40$ by se jednalo o případy, kdy žádná z očekávaných četností $f_{o,j}$ nebyla menší než 5 (Ostertagová E., 2011). Pro rozsahy $n \leq 20$ používáme Fisherův test (Markechová D. et al., 2011). Pro nalezení lineární asociace mezi sledovanými proměnnými byl spočten Spearmanův korelační koeficient. Statistická signifikance byla stanovena na hladině významnosti $p < 0,05$.

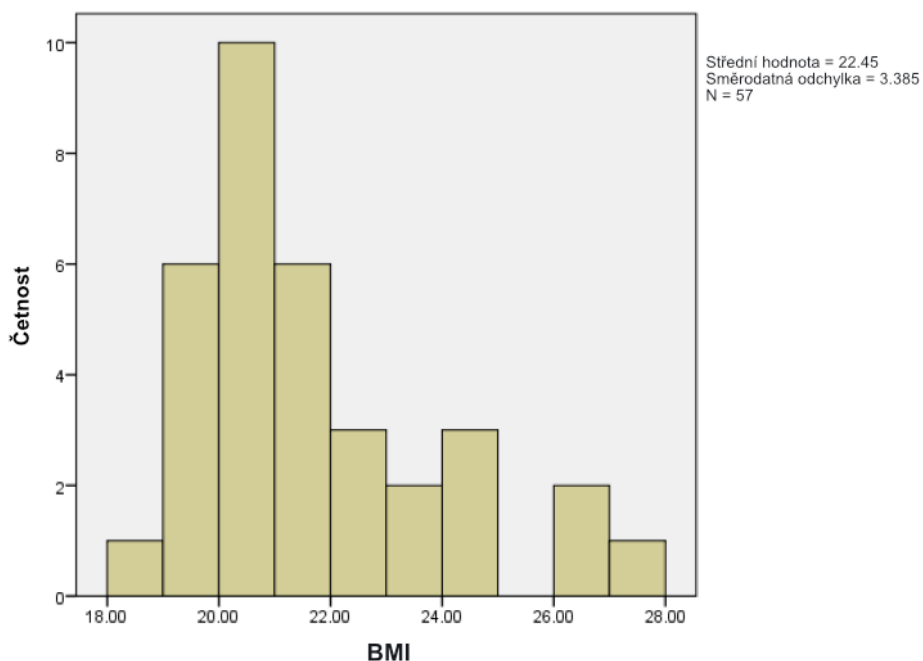
6. VÝSLEDKY

V exponované skupině bylo analyzováno 340 vybraných morfologických parametrů. Ve skupině kontrolní bylo analyzováno 570 parametrů. Věk a hodnoty BMI byly v obou skupinách srovnatelné ($p > 0,05$) (tabulka 3; obr. 23,24). Střední hodnota délky nošení OATR byla $7,55 \pm 4,90$ roky.

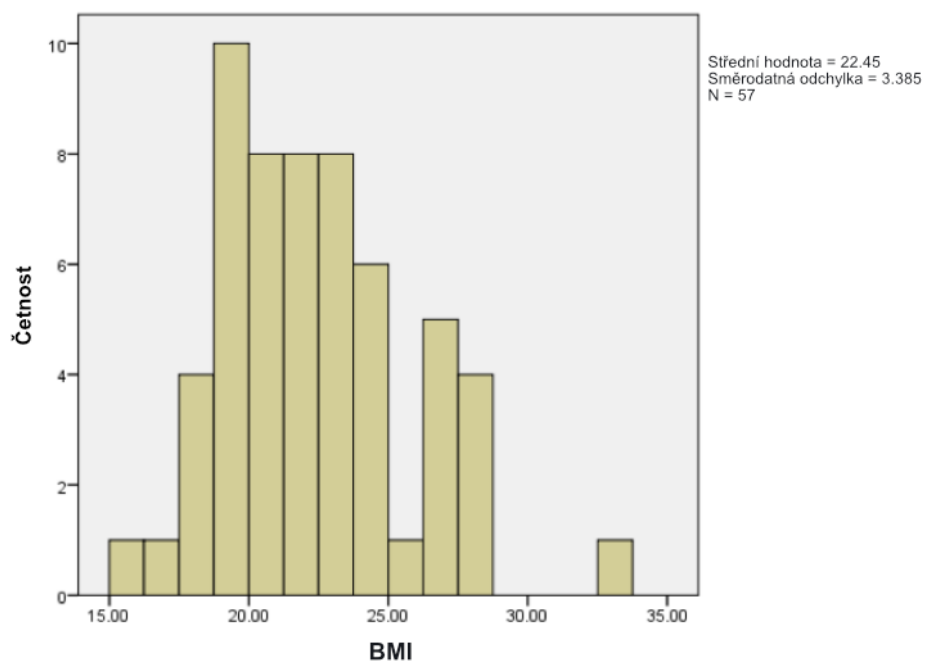
Tab. 3. Střední hodnoty a směrodatné odchylky věku a BMI u skupiny exponované a kontrolní.

	Exponovaná skupina (N=34)		Kontrolní skupina (N=57)		p
Věk	31,12	$\pm 6,38$	29,46	$\pm 7,30$	$> 0,05$
BMI	21,62	$\pm 2,34$	22,45	$\pm 3,38$	$> 0,05$

Data vyjadřují střední hodnoty \pm směrodatná odchylka. BMI – Body Mass Index.



Obr. 23: Distribuce hodnot BMI v exponované skupině.



Obr. 24: Distribuce hodnot BMI v kontrolní skupině.

Mezi zjištěnými asymptomatickými abnormalitami nebyl mezi exponovanou a kontrolní skupinou signifikantní rozdíl ($p > 0,05$) (tabulka 4).

Tab. 4. Zjištěné asymptomatické morfologické abnormality.

Morfologické abnormality	Exponovaná skupina		Kontrolní skupina	
	Unilaterálně	Bilaterálně	Unilaterálně	Bilaterálně
Hypoechogenní ložiska Achillovy šlachy	2	1	1	0
Retrokalkaneární burzitida	5	2	4	2
Kortikální nerovnosti	8	4	4	4

6.1 Vliv dlouhodobého nošení obuvi s antepedální tlakovou redistribucí na výšku femorální chrupavky

Vzhledem k normálnímu rozdělení souborů jsme k vzájemnému porovnání použili t-testy. V rámci každé skupiny, exponované i kontrolní, jsme v prvním kroku porovnali párovým t-testem, zda existuje statisticky významný rozdíl mezi pravou a levou stranou. Při měření distální femorální chrupavky v úrovni mediálního femorálního kondylu v rámci exponované skupiny byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi pravým a levým kolenem. Sonograficky naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.

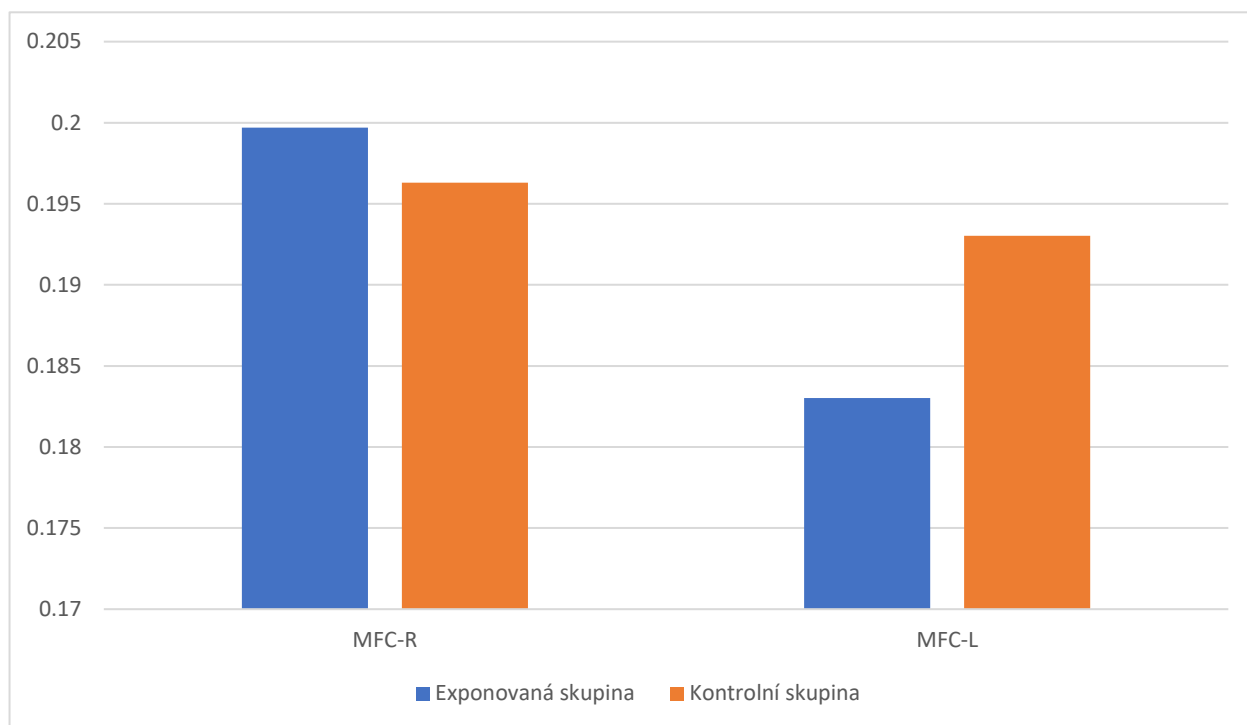
Tab. 5. Ultrasonograficky naměřená výška distální femorální chrupavky v úrovni mediálního femorálního kondylu (mm).

		Strana	Exponovaná skupina (N=34)		Kontrolní skupina (N=57)		<i>p</i>
Distální epifýza femorálního kondylu	MFC	Pravá	2,00	± 0,41	1,96	± 0,35	> 0,05
		Levá	1,83	± 0,41	1,93	± 0,32	> 0,05
		<i>p</i>	0,010		> 0,05		

Data vyjadřují střední hodnoty ± směrodatná odchylka. MFC - mediální femorální kondyl.

Dále byl zjištěn statisticky signifikantní rozdíl v hodnotě tloušťky distální femorální chrupavky v úrovni mediálního femorálního kondylu mezi pravou a levou stranou uvnitř exponované skupiny. Hodnota pravděpodobnosti *p* je menší než zvolená hladina významnosti α ; $p(0,01) < \alpha(0,05)$. Lze tedy potvrdit, že hodnota tloušťky chrupavky distální epifýzy femuru v úrovni mediálního femorálního kondylu je ve skupině žen nosících dlouhodobě OATR statisticky signifikantně vyšší na pravé dolní končetině, jak je patrné ze sloupcového grafu (obr. 25). Analogické porovnání s použitím párového t-testu jsme realizovali u kontrolní skupiny. V tomto případě je však hodnota pravděpodobnosti $p > 0,05$ a lze tedy konstatovat, že v hodnotě tloušťky chrupavky distální epifýzy femuru v úrovni mediálního femorálního kondylu ve skupině žen nosících převážně obuv na nízkém či žádném podpatku není statisticky významný rozdíl mezi pravou a levou stranou. Můžeme předpokládat, že dlouhodobé nošení OATR vede ke statisticky

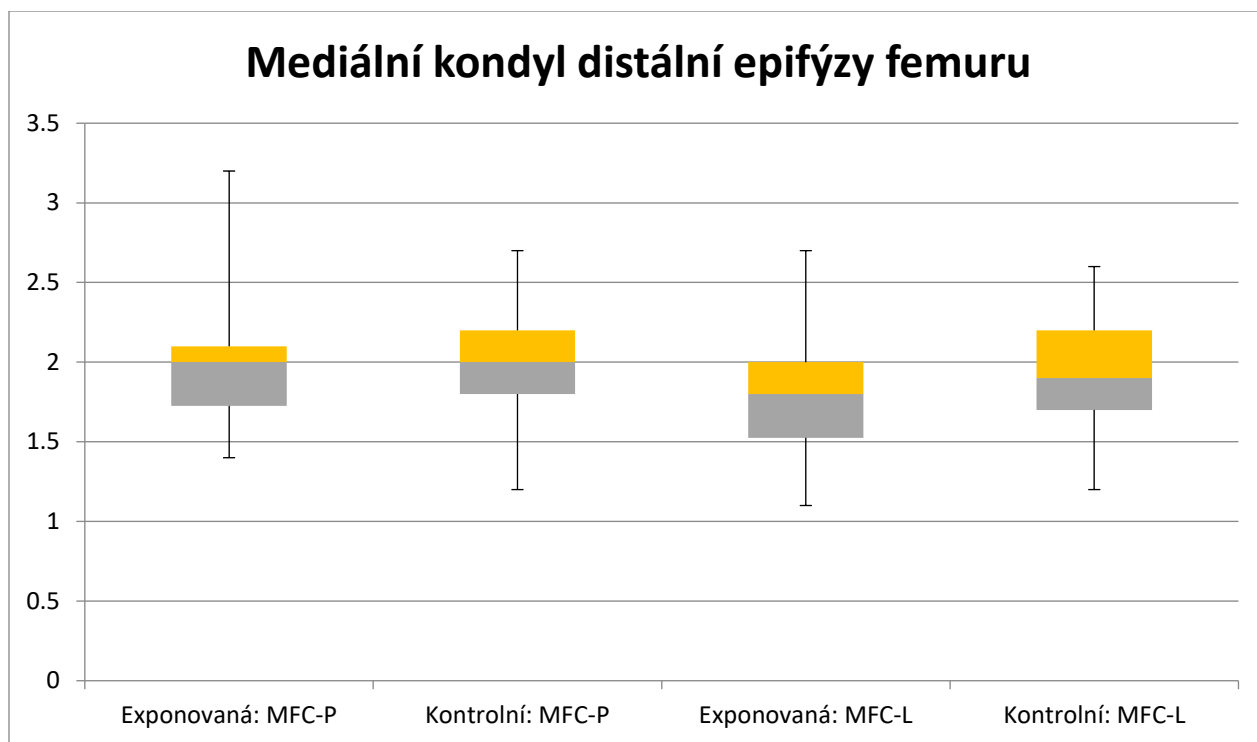
významnému zvětšení rozdílu mezi pravou a levou nohou v hodnotě tloušťky chrupavky distální epifýzy femuru v úrovni mediálního femorálního kondylu, přičemž uvnitř kontrolní skupiny se tento rozdíl nepotvrdil.



Obr. 25: Srovnání středních hodnot (cm) šířky chrupavky distální epifýzy pravého (R) a levého (L) femuru v úrovni mediálního femorálního kondylu v exponované a kontrolní skupině (MFC – mediální femorální kondyl).

Pro srovnání rozdílů pravé a levé dolní končetiny v hodnotě tloušťky chrupavky distální epifýzy femuru v úrovni mediálního femorálního kondylu exponované a kontrolní skupiny je použit t-test s rovností rozptylů. Z porovnání je zřejmé, že rozptyly jsou přibližně stejné a nebudeme mezi jejich hodnotami předpokládat statisticky významný rozdíl (obr. 26). Při srovnání hodnot tloušťky chrupavky distální epifýzy pravého i levého femuru v úrovni mediálního femorálního kondylu v rámci exponované i kontrolní skupiny nebyl prokázán statisticky významný rozdíl, v obou případech je pravděpodobnost $p > 0,05$.

Při měření hodnot tloušťky chrupavky distální epifýzy femorálního kondylu v úrovni area intercondylaris (ICA) v rámci exponované skupiny nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi pravou a levou stranou, hodnota pravděpodobnosti p je vyšší než hladina významnosti α . Sonograficky naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6.



Obr. 26. Boxplot diagram naměřených hodnot šířky mediálního kondylu distální epifýzy femuru.

Tab. 6. Ultrasonograficky naměřená výška distální femorální chrupavky v úrovni area intercondylaris (mm).

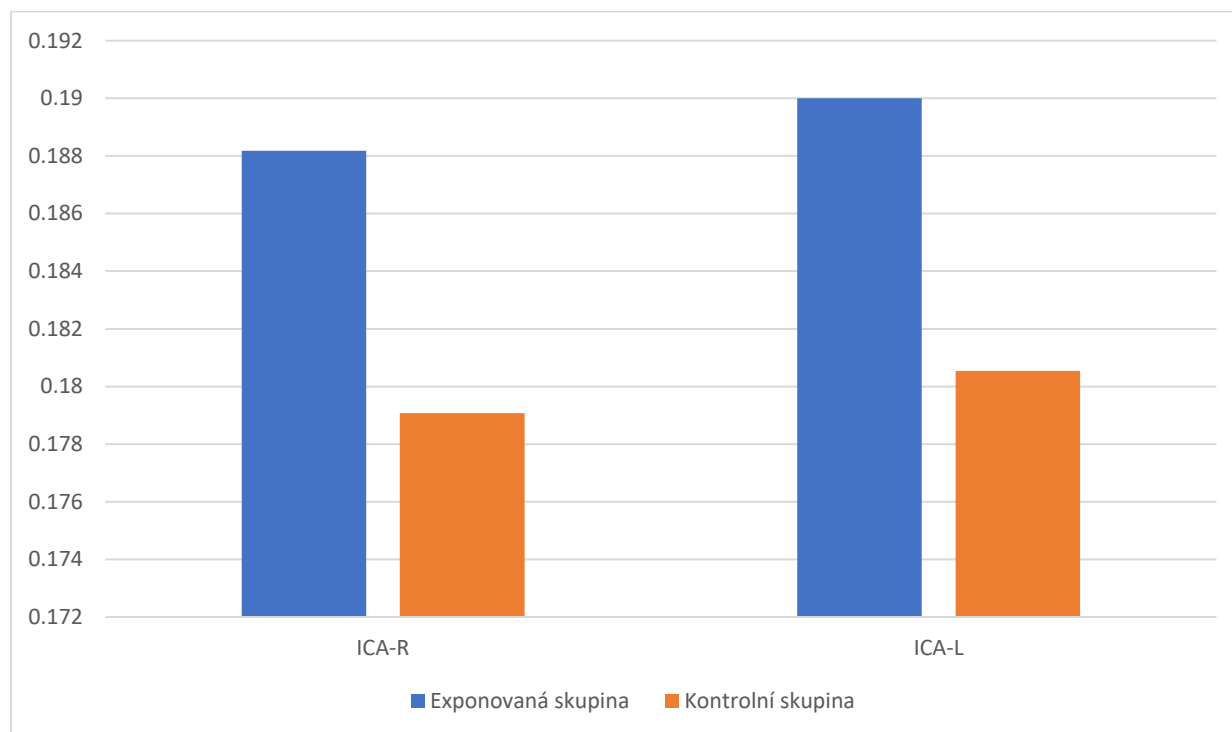
		Strana	Exponovaná skupina (N=34)		Kontrolní skupina (N=57)		<i>p</i>
Distální epifýza femorálního kondylu	ICA	Pravá	1,88	± 0,43	1,79	± 0,39	> 0,05
		Levá	1,90	± 0,39	1,81	± 0,37	> 0,05
		<i>p</i>	> 0,05		>0,05		

Data vyjadřují střední hodnoty ± směrodatná odchylka. ICA – interkondylická area.

Konstatujeme tedy, že v hodnotě tloušťky chrupavky distální epifýzy femorálního kondylu v úrovni area intercondylaris není v rámci exponované skupiny statisticky významný rozdíl mezi pravou a levou stranou, jak je patrné na sloupcovém grafu (obr. 27). Analogické porovnání s použitím párového t-testu jsme realizovali i u skupiny kontrolní. V tomto případě je však hodnota pravděpodobnosti $p > 0,05$ a lze tedy říci, že u kontrolní skupiny neexistuje statisticky

významný rozdíl v hodnotách tloušťky chrupavky distální epifýzy femorálního kondylu v úrovni area intercondylaris mezi pravou a levou stranou.

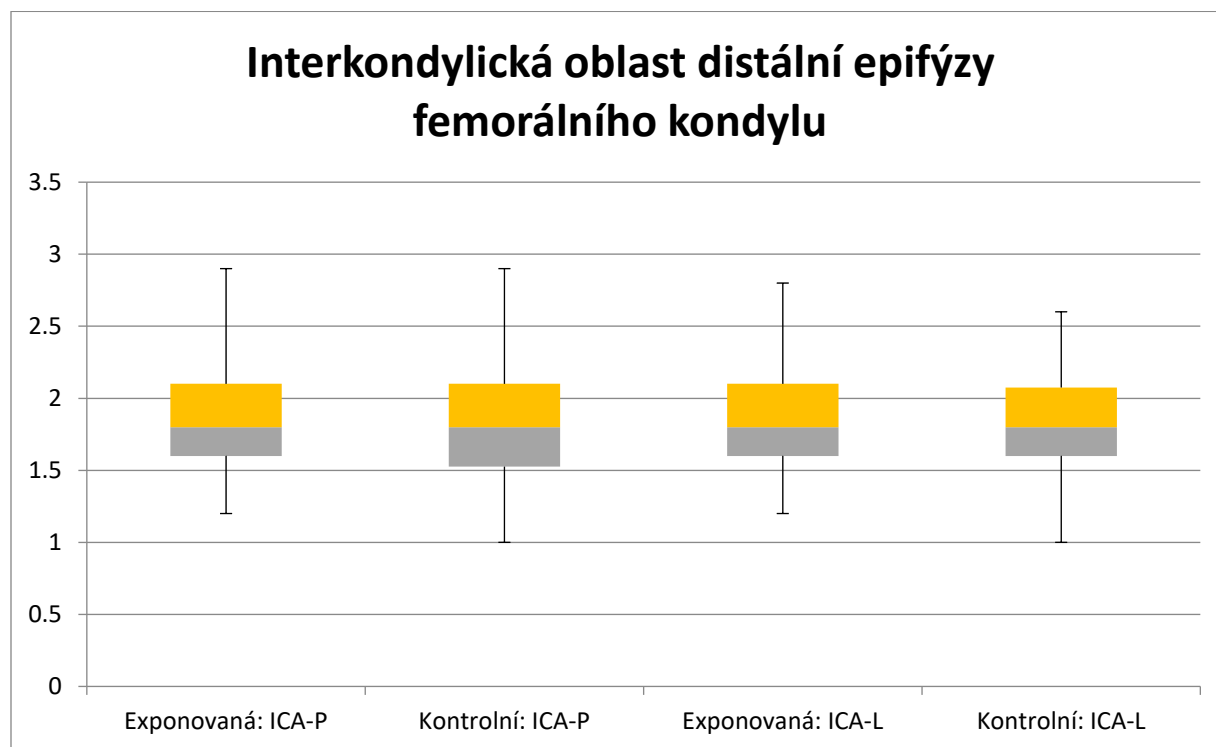
Z výsledků je patrné, že dlouhodobé nošení OATR nezpůsobuje statisticky významné zvětšení rozdílů v tloušťce chrupavky distální epifýzy femorálního kondylu v úrovni area intercondylaris mezi pravou a levou stranou. Výsledky platí pro skupinu žen nosících dlouhodobě OATR i skupinu žen nosících převážně obuv na nízkém či žádném podpatku.



Obr. 27: Srovnání středních hodnot (cm) šířky pravé (P) a levé (L) chrupavky distální epifýzy femuru v úrovni interkondylické arey v exponované a kontrolní skupině (ICA – interkondylická area).

Pro srovnání rozdílů ve výšce chrupavky distální epifýzy pravého femuru v úrovni mediálního femorálního kondylu mezi skupinou exponovanou a kontrolní je použit t-test s rovností rozptylů. Analogicky je při použití t-testu s rovností rozptylů postupováno i v rámci skupiny kontrolní. Z porovnání vyplývá, že vypočtené rozptyly těchto hodnot jsou srovnatelné a nebudeme mezi jejich hodnotami předpokládat statisticky významný rozdíl (obr. 28). Při srovnání hodnot tloušťky chrupavky distální epifýzy pravého i levého femuru v úrovni area intercondylaris v rámci exponované i kontrolní skupiny nebyl potvrzen statisticky signifikantní

rozdíl, v obou případech je pravděpodobnost $p > 0,05$. Dlouhodobé nošení OATR nebylo asociováno se zvětšením tloušťky chrupavky distální epifýzy femuru v úrovni area intercondylaris. Při měření hodnot tloušťky chrupavky distální epifýzy femorálního kondylu v úrovni laterálního femorálního kondylu v rámci skupiny exponované nebyl zjištěn statisticky signifikantní rozdíl mezi pravou a levou stranou, hodnota pravděpodobnosti p je v tomto případě vyšší než hladina významnosti α .



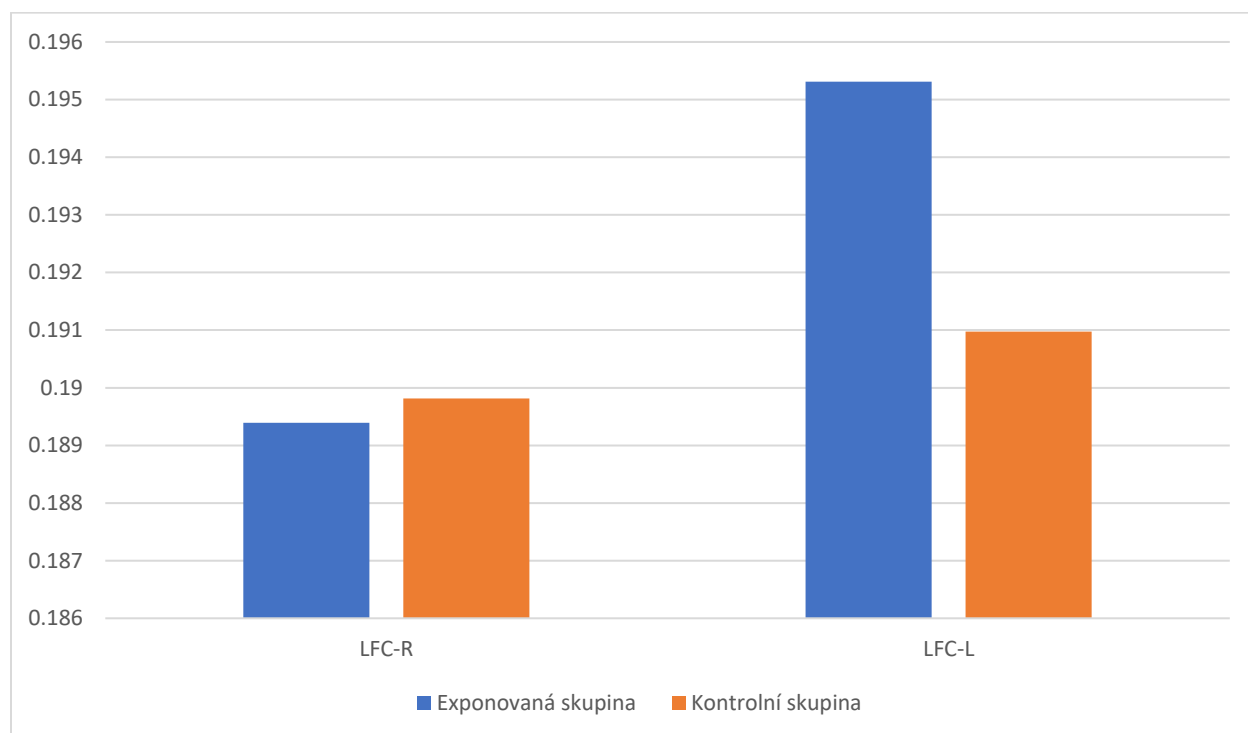
Obr. 28. Boxplot diagram naměřených hodnot šířky interkondylické oblasti distální epifýzy femuru.

. Sonograficky naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 7. Konstatujeme, že hodnota tloušťky chrupavky distální epifýzy femorálního kondylu v úrovni laterálního femorálního kondylu nejsou v exponované skupině statisticky významně vyšší na pravé ani levé straně, jak je patrné ze sloupcového grafu (obr. 29).

Tab. 7. Ultrasonograficky naměřená výška distální femorální chrupavky v úrovni laterálního femorálního kondylu (mm).

		Strana	Exponovaná skupina (N=34)		Kontrolní skupina (N=57)		<i>p</i>
Distální epifýza femorálního kondylu	LFC	Pravá	1,89	± 0,30	1,90	± 0,34	> 0,05
		Levá	1,95	± 0,38	1,91	± 0,29	> 0,05
		<i>p</i>	> 0,05		> 0,05		

Data vyjadřují střední hodnoty ± směrodatná odchylka. LFC - laterální femorální kondyl.

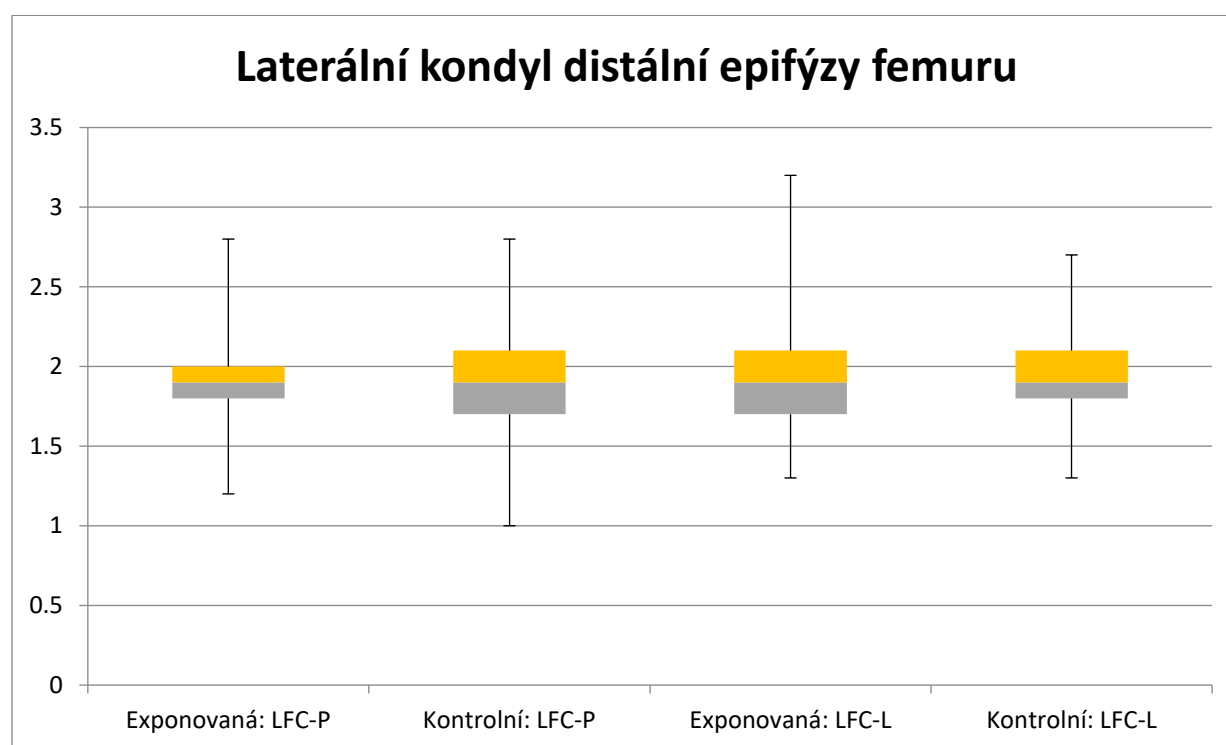


Obr. 29: Srovnání středních hodnot (cm) šířky distální epifýzy pravého (R) a levého (L) chrupavky femuru v úrovni laterálního femorálního kondylu v exponované a kontrolní skupině (LFC – laterální femorální kondyl).

Použití párového t-testu je realizováno i u skupiny kontrolní. I v tomto případě je však hodnota pravděpodobnosti $p > 0,05$ a lze tedy konstatovat, že u kontrolní skupiny nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v hodnotách tloušťky chrupavky distální epifýzy femorálního kondylu v úrovni laterálního femorálního kondylu mezi pravou a levou stranou. Z výsledků je patrné, že dlouhodobé nošení OATR nezpůsobuje statisticky významné zvětšení rozdílů v hodnotě tloušťky

chrupavky distální epifýzy femorálního kondylu v úrovni laterálního femorálního kondylu mezi pravou a levou stranou. Zjištěné výsledky platí pro skupinu žen nosících převážně obuv na nízkém či žádném podpatku i skupinu žen nosících dlouhodobě OATR.

Použití t-testu s rovností rozptylů je v rámci skupiny kontrolní i exponované realizováno k porovnání hodnot tloušťky chrupavky distální epifýzy pravého femuru v úrovni laterálního femorálního kondylu mezi skupinou exponovanou i skupinou kontrolní. Z porovnání je patrné, že vypočtené rozptyly těchto hodnot jsou přibližně srovnatelné a nebudeme mezi jejich hodnotami předpokládat statisticky významný rozdíl (obr. 30). V obou vypočtených případech je hodnota pravděpodobnosti $p > 0,05$. Výsledky ukazují, že dlouhodobé nošení OATR nebylo spojeno se zvětšením tloušťky chrupavky distální epifýzy femuru v úrovni laterálního femorálního kondylu. Vypočtené výsledky platí pro pravou i levou stranu.



Obr. 30. Boxplot diagram naměřených hodnot šířky laterálního kondylu distální epifýzy femuru.

6.2 Vliv dlouhodobého nošení obuvi s antepedální tlakovou redistribucí na předozadní rozměr Achillovy šlachy

V samostatném porovnání uvnitř každé z obou skupin bylo pouze u skupiny exponované zjištěno signifikantní zvětšení předozadního rozměru levostranné Achillovy šlachy ($p < 0,05$). Signifikantní rozšíření levé Achillovy šlachy bylo u exponované skupiny zjištěno i v porovnání se skupinou kontrolní ($p < 0,05$). Sonograficky naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 8.

Použití t-testů je zde opět realizováno v souvislosti s normálním rozdělením souborů. V rámci skupiny kontrolní i exponované je realizováno porovnání párovým t-testem pro zjištění případné existence statisticky významného rozdílu mezi pravou a levou stranou.

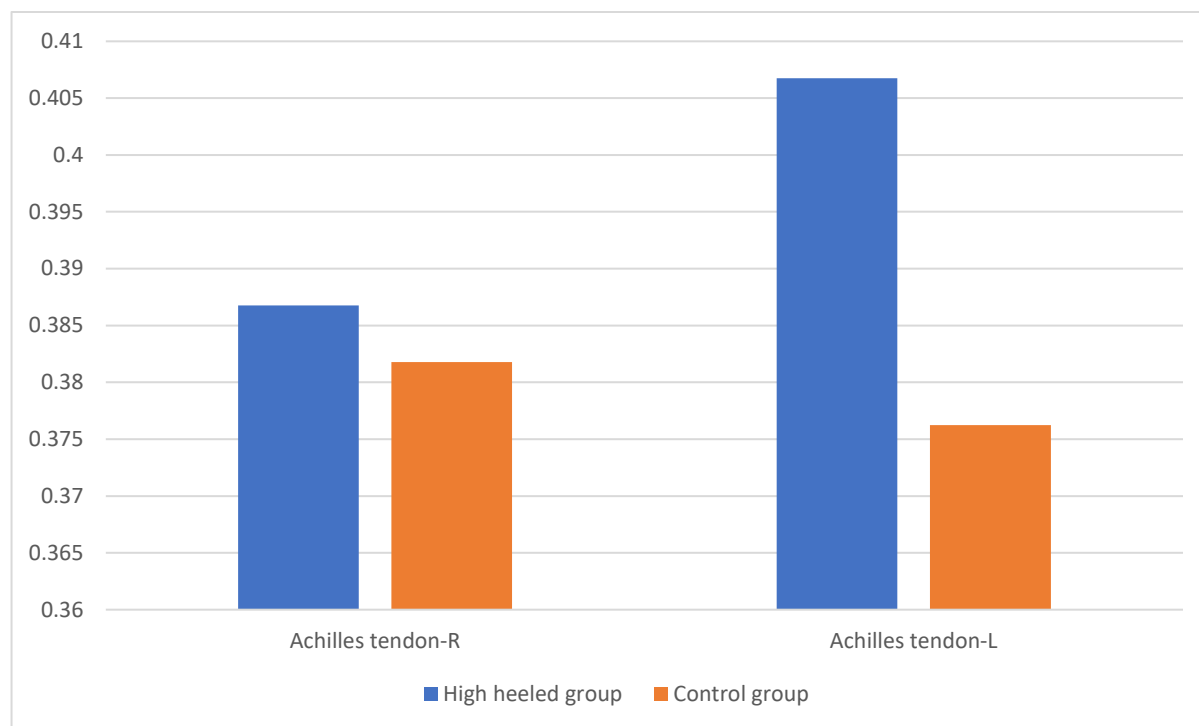
Při statistickém zpracování hodnot předozadního rozměru Achillovy šlachy v rámci exponované skupiny byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi pravou a levou stranou, hodnota pravděpodobnosti p je menší než hladina významnosti α ; $p(0,028) < \alpha(0,05)$. Lze tedy potvrdit, že hodnota předozadního rozměru Achillovy šlachy v rámci skupiny žen nosících dlouhodobě OATR je statisticky signifikantně vyšší na levé dolní končetině, jak je patrné ze sloupcového grafu (obr. 31).

Tab. 8. Ultrasonograficky naměřený předozadní rozměr Achillovy šlachy (mm) v exponované a kontrolní skupině.

	Strana	Exponovaná skupina (N=34)		Kontrolní skupina (N=57)		p
Achillova šlacha	Pravá	3,87	$\pm 0,41$	3,82	$\pm 0,58$	$> 0,05$
	Levá	4,07	$\pm 0,48$	3,76	$\pm 0,66$	0,024
	p	0,028		$> 0,05$		

Data vyjadřují střední hodnoty \pm směrodatná odchylka.

U kontrolní skupiny jsme realizovali porovnání s použitím párového t-testu. V tomto případě je však hodnota pravděpodobnosti $p > 0,05$ a lze tedy říci, že v hodnotě předozadního rozměru Achillovy šlachy není v rámci skupiny žen nosících převážně obuv na nízkém či žádném podpatku statisticky významný rozdíl mezi pravou a levou stranou. Můžeme předpokládat, že dlouhodobé nošení OATR vede ke statisticky významnému zvětšení rozdílu mezi pravou a levou nohou v hodnotě předozadního rozměru Achillovy šlachy. Rozdíl je potvrzen jen v rámci skupiny žen nosících dlouhodobě OATR.

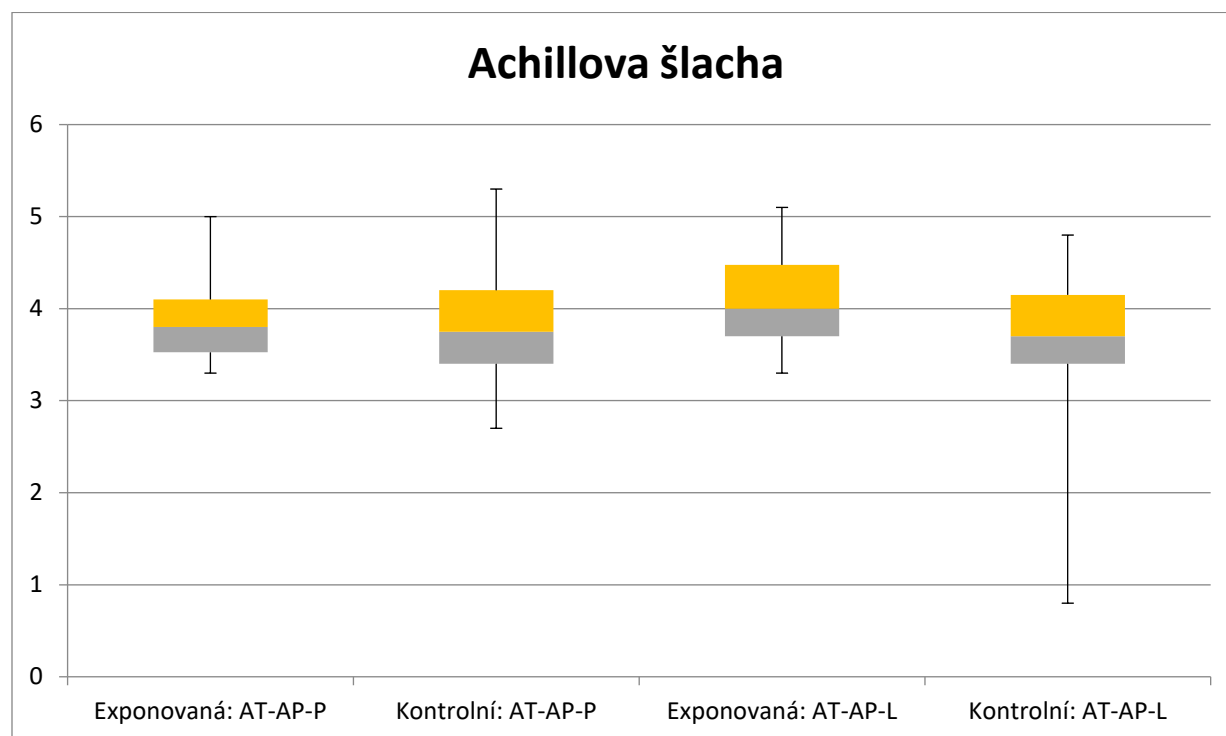


Obr. 31: Srovnání středních hodnot (v cm) šířky pravé a levé Achillovy šlachy v exponované a kontrolní skupině.

Pro porovnání rozdílů v hodnotě předozadního rozměru Achillovy šlachy mezi skupinou exponovanou a kontrolní je použit t-test s rovností rozptylů. Použití t-testu s rovností rozptylů je realizováno i v rámci skupiny kontrolní. Z porovnání je patrné, že vypočtené rozptyly těchto hodnot jsou srovnatelné a nemůžeme mezi jejich hodnotami předpokládat statisticky významný rozdíl (obr. 32). Při srovnání hodnot předozadního rozměru pravé Achillovy šlachy exponované a kontrolní skupiny nebyl potvrzen statisticky signifikantní rozdíl, pravděpodobnost je $p > 0,05$. Dlouhodobé nošení OATR nebylo asociováno se zvětšením předozadního rozměru Achillovy šlachy na pravé dolní končetině.

Při srovnání předozadního rozměru levostranných Achillových šlach exponované a kontrolní skupiny existuje statisticky významný rozdíl, pravděpodobnost je $p(0,024) < \alpha(0,05)$. Konstatujeme tedy, že dlouhodobé nošení OATR vede ke zvětšení hodnoty předozadního rozměru Achillovy šlachy na levé dolní končetině. V tloušťce plantární fascie nebyl uvnitř skupin ani v porovnání mezi skupinami zaznamenán signifikantní rozdíl ($p < 0,05$). Sonograficky naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 9. Vzhledem k normálnímu rozdělení souborů je k vzájemnému porovnání použito t-testů. Výpočet párovým t-testem je použit ke zjištění případné existence

statisticky významného rozdílu v hodnotě tloušťky plantární fascie mezi pravou a levou stranou v rámci skupiny exponované i kontrolní.



Obr. 32. Boxplot diagram naměřených hodnot AP (antero-posterior) rozměru Achillovy šlachy.

Tab. 9. Ultrasonograficky naměřená tloušťka plantární fascie (mm) v exponované a kontrolní skupině.

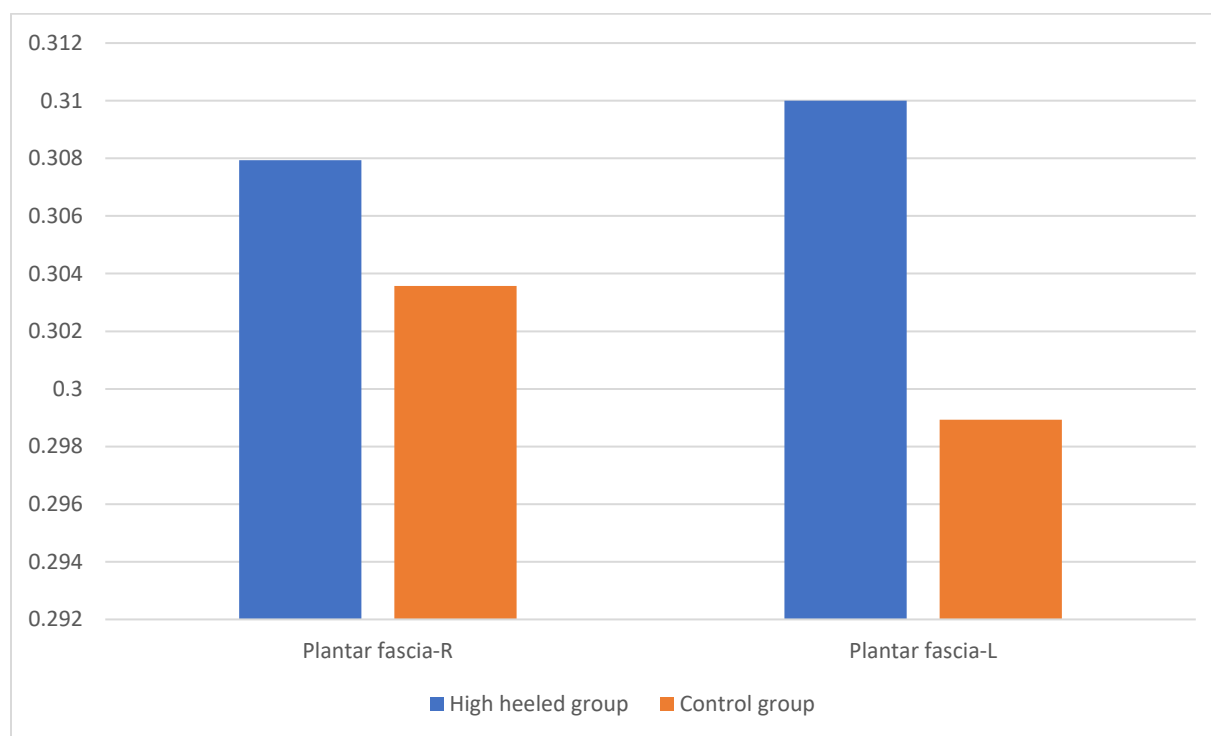
	Strana	Exponovaná skupina (N=34)		Kontrolní skupina (N=57)		<i>p</i>
Plantární fascie	Pravá	3,08	± 0,42	3,04	± 0,47	> 0,05
	Levá	3,10	± 0,53	2,99	± 0,48	> 0,05
	<i>p</i>	> 0,05		>0,05		

Data vyjadřují střední hodnoty ± směrodatná odchylka.

6.3 Vliv dlouhodobého nošení obuvi s antepedální tlakovou redistribucí na šířku plantární fascie

Při statistickém zpracování hodnot tloušťky plantární fascie v rámci exponované skupiny nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi pravou a levou stranou, hodnota pravděpodobnosti je $p > 0,05$.

Konstatujeme tedy, že v ultrasonograficky naměřené hodnotě tloušťky plantární fascie v rámci skupiny žen nosících dlouhodobě OATR nebyl prokázán statisticky signifikantní stranový rozdíl, jak je patrné ze sloupcového grafu (obr. 33).

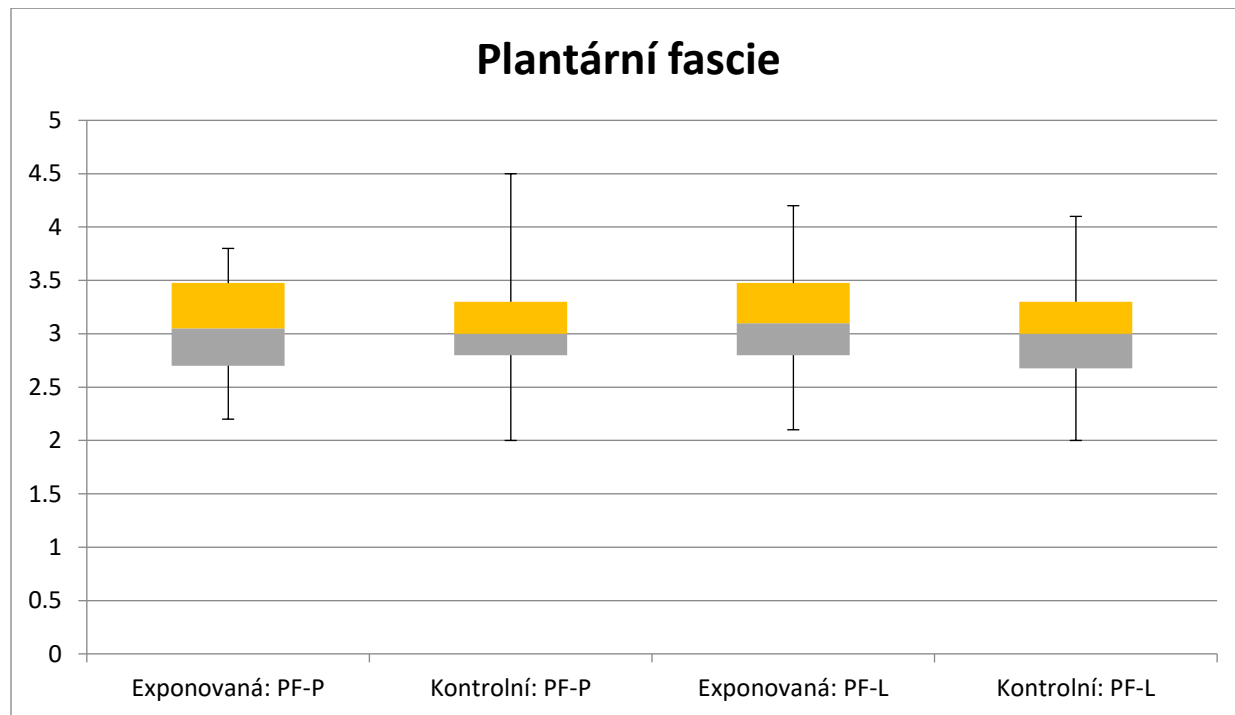


Obr. 33: Srovnání středních hodnot (v cm) šířky pravé a levé plantární fascie v exponované a kontrolní skupině.

Analogické porovnání s použitím párového t-testu je realizováno u kontrolní skupiny. V tomto případě je hodnota pravděpodobnosti $p > 0,05$ a lze tedy konstatovat, že v hodnotě tloušťky plantární fascie není v rámci skupiny žen nosících převážně obuv na nízkém či žádném podpatku statisticky významný rozdíl mezi pravou a levou stranou.

Dlouhodobé nošení OATR v našem souboru nevedlo ke statisticky významnému zvětšení rozdílu v hodnotách tloušťky plantární fascie mezi pravou a levou stranou, neboť k jeho potvrzení nedošlo ani v jedné z obou zkoumaných skupin.

T-test s rovností rozptylů je použit pro porovnání rozdílů v hodnotách tloušťky plantární fascie mezi skupinou exponovanou a skupinou kontrolní. Použití t-testu s rovností rozptylů je realizováno i v rámci skupiny kontrolní. Z porovnání je patrné, že vypočtené rozptyly těchto hodnot jsou srovnatelné a nebudeme mezi jejich hodnotami předpokládat statisticky významný rozdíl (obr. 34). Při srovnání US naměřených hodnot tloušťky pravostranné plantární fascie exponované a kontrolní skupiny nebyl potvrzen statisticky signifikantní rozdíl, pravděpodobnost je $p > 0,05$. Lze tedy říci, že dlouhodobé nošení OATR nevedlo ke ztlustění plantární fascie na pravé dolní končetině.



Obr. 34. Boxplot diagram naměřených hodnot šířky plantární fascie (PF).

Statisticky významný rozdíl nebyl potvrzen ani při srovnání US naměřených hodnot tloušťky levostranné plantární fascie exponované a kontrolní skupiny, pravděpodobnost je $p > 0,05$. Při porovnání tloušťky levostranné plantární fascie exponované a kontrolní skupiny neexistuje statisticky významný rozdíl, pravděpodobnost je $p > 0,05$. Konstatujeme tedy, že dlouhodobé nošení OATR nebylo asociováno se ztlustěním plantární fascie na levé dolní

končetině. Šířka pravé Achillovy šlachy byla pozitivně korelována s tloušťkou pravostranné ($r = 0,469$, $p = 0,005$) i levostranné ($r = 0,402$, $p = 0,018$) plantární fascie pouze v rámci exponované skupiny. Z hodnot korelačních koeficientů vyplývá, že mezi tloušťkou pravostranné i levostranné plantární fascie existuje mírná lineární závislost.

Sciatic Nerve Schwannoma in the Gluteal Region Mimicking Sciatica

Kamal Mezian, MD, Roman Záhora, MD,
Jan Vacek, MD, Jiří Kozák, MD,
and Leoš Navrátil, MD

Here, we present the case of a 27-year-old woman with a 4-year history of sharp pain and a palpable mass in the right gluteal region when sitting and with the pain worsening at night. Despite physiotherapy, the pain was not relieved. Upon physical examination, Tinel sign was positive in the right gluteal fold. Her skin sensation was normal, and no muscle weakness was

apparent. Ultrasound scanning revealed a hypoechoic mass in the gluteal region (Fig. 1). Magnetic resonance imaging was then performed, which revealed an intrinsic sciatic nerve tumor (Fig. 2). The patient underwent a surgical enucleation (Fig. 3) with a histopathologic examination, and her condition was subsequently diagnosed as sciatic nerve schwannoma in the right gluteal region. Pain relief was achieved after surgery.

Peripheral nerve sheath tumors are indeed rare; benign schwannomas are the most common and are estimated to occur in six patients per 100,000.¹ Sporadic schwannomas show no predilection toward sex or race, and they affect patients of all ages, but particularly patients between age 20 and 50.² Schwannomas may occur anywhere in the peripheral nerve system (most commonly in the head and neck region). Schwannoma of the sciatic nerve is uncommon (with a frequency of <1%), and diagnosis might be challenging. Schwannomas are usually asymptomatic and benign.³

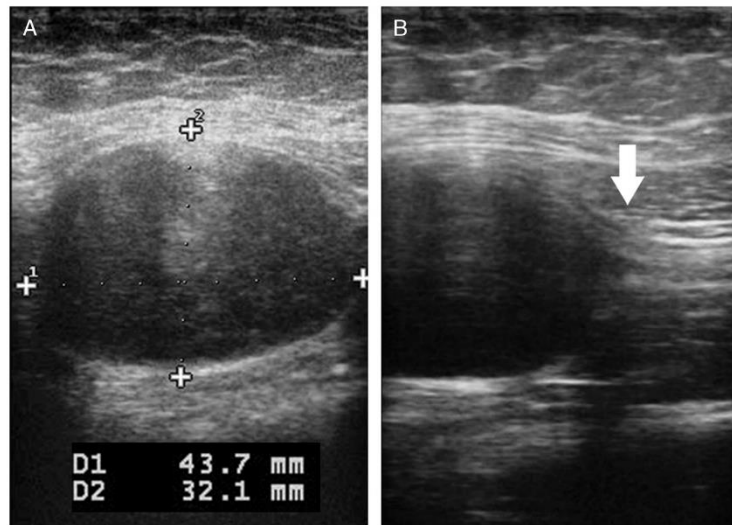


FIGURE 1. A, Ultrasonography (short axis view) revealed a 43.7 x 32.1-mm regular, oval, vascularized, hypoechoic mass. B, Ultrasonography (long axis view) showed a "rat tail" appearance in the junction between the normal nerve and the tumor (white arrow). In contrast, neurofibromas are usually more fusiform.

From the Faculty of Biomedical Engineering, Department of Health Care Disciplines and Population Protection, Czech Technical University in Prague, Kladno, Czech Republic (KM, LN); Rheumatology Department, Rheumacentrum E.A.C., Terezín, Czech Republic (RZ); Faculty Hospital Královské Vinohrady, Department of Rehabilitation Medicine, Charles University in Prague, Prague, Czech Republic (JV); and Department of Pain Research and Treatment, Charles University in Prague, University Hospital in Motol, Prague, Czech Republic (JK). All correspondence and requests for reprints should be addressed to: Kamal Mezian, MD, Physical Medicine and Rehabilitation Department, Tylova 6, 412 01 Litoměřice, Czech Republic.

Oral and written informed consent from the patient was obtained. No funding or grants or equipment was provided for the project or to the authors. This work/case was never presented or published elsewhere. Financial disclosure statements have been obtained, and no conflicts of interest have been reported by the authors or by any individuals in control of the content of this article.

Copyright © 2017 Wolters Kluwer Health, Inc. All rights reserved.
ISSN: 0894-9115
DOI: 10.1097/PHM.0000000000000673

When symptoms like dysesthesia, pain, or weakness occur, surgical excision is suggested.⁴ The case of successfully treated sciatic nerve schwannoma presented here emphasizes the importance of considering sciatic nerve schwannoma in gluteal pain differential diagnosis.

REFERENCES

1. Stéphanie S, Wakap N: Orphanet Report Series, Rare Diseases collection. Prevalence, incidence or reported number of published cases listed in alphabetical order of disease. 2016. Available at: http://www.orpha.net/consor/cgi-bin/Education_Home.php?lng=EN#REPORT_RARE_DISEASES. Accessed October 10, 2016
2. Pilavaki M, Chourmouzi D, Kiziridou A, et al: Imaging of peripheral nerve sheath tumors with pathologic correlation: pictorial review. *Eur J Radiol* 2004;52:229
3. Skovronsky DM, Oberholtzer JC: Pathologic classification of peripheral nerve tumors. *Neurosurg Clin N Am* 2004;15:157-66
4. Tiel R, Kline D: Peripheral nerve tumors: surgical principles, approaches, and techniques. *Neurosurg Clin N Am* 2004;15:167-75



FIGURE 2. Magnetic resonance imaging (anteroposterior and lateral scans) showed an intrinsic tumor in the right sciatic nerve (white arrow: schwannoma).

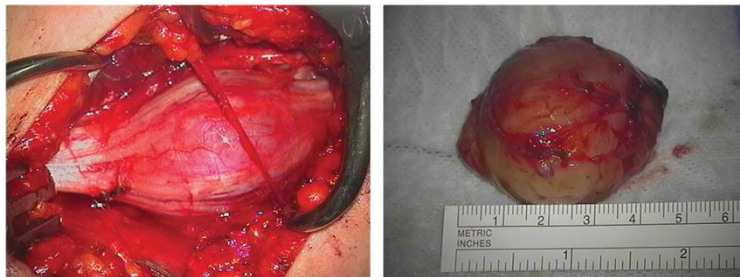


FIGURE 3. Intraoperative view of the sciatic nerve schwannoma.

Bilateral Rectus Femoris Muscle Rupture Following Statin Medication

Kamal Mezian, MD, Jan Vacek, MD,
Leoš Navrátil, MD, and Levent Özçakar, MD

A 79-year-old man presented with a history of bilateral anterior thigh pain after low-impact trauma when he fell onto his knees while hiking 5 years earlier. He noted immediate thigh pain and muscle weakness. His treatment consisted of rest and statin therapy discontinuation. He suffered anterior thigh pain for 4 months after the injury, and then the pain turned into cramping while standing. His medical history includes hypercholesterolemia and benign prostate hyperplasia. He was administered atorvastatin medication 5 years preceding the injury, and the creatinine kinase level was intermittently elevated up to 784 U/L during the treatment. (Oral and written informed consent from the patient was obtained.)

A physician examining the patient 5 years later found normal skin sensation, painless extensor muscle contraction, and no apparent muscle weakness. Knee jerk reflexes bilaterally were normal. The examination also revealed thigh disfiguration enhanced by isometric (Fig. 1) and eccentric contraction (Video, <http://links.lww.com/PHM/A351>) with a gap in the middle of the ventral side of both thighs. The physician then performed ultrasonography, which revealed bilateral rectus femoris rupture at the distal musculotendinous junction with the retracted distal end attached to the femoral fascia (Fig. 2). Differential diagnosis included hip or knee arthritis, lumbar radiculopathy, polyneuropathy, and myelopathy. The patient received a diagnosis of bilateral complete distal rectus femoris muscle



FIGURE 1. Isometric quadriceps contraction reveals a gap in the thigh bilaterally.

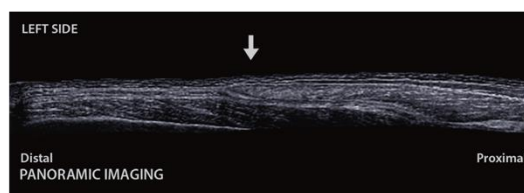


FIGURE 2. Panoramic ultrasound imaging of the left thigh. A white arrow indicates retracted distal end of the rectus femoris muscle. Muscle retraction indicates an old rupture. The presence of hematoma or per fascial fluid would most likely be associated with acute ruptures.

tendon rupture presumably due to statin treatment.¹ Subsequently, the patient was prescribed physiotherapy, providing satisfactory results at his last follow-up. Distinguishing between complete and partial quadriceps tendon rupture may be difficult clinically. Ultrasound imaging shows usefulness in such cases to either prevent unnecessary surgery or undergo the repair when reasonably indicated.²

The video shows a contraction of the left quadriceps muscle. Simultaneous video camera and ultrasound recordings display resisted knee extension showing a gap in the middle of the left thigh where the distal stump of the rectus femoris muscle tendon is attached. The white arrow indicates retraction of the distal rectus femoris stump during contraction.

REFERENCES

1. Beri A, Dwamena FC, Dwamena BA: Association between statin therapy and tendon rupture: a case-control study. *J Cardiovasc Pharmacol* 2009;53:401–4
2. Foley R, Fessell D, Yablon C, et al: Sonography of traumatic quadriceps tendon tears with surgical correlation. *J Ultrasound Med* 2015;34:805–10

From the Department of Health Care Disciplines and Population Protection, Faculty of Biomedical Engineering, Czech Technical University in Prague, Kladno (KM, LN); Department of Rehabilitation Medicine, Faculty Hospital Královské Vinohrady, Charles University in Prague, Prague (JV), Czech Republic; and Department of Physical and Rehabilitation Medicine, Hacettepe University Medical School, Ankara, Turkey (LO).

All correspondence and requests for reprints should be addressed to: Kamal Mezian, MD, Physical Medicine and Rehabilitation Department, Tylova 6, 412 01 Litoměřice, Czech Republic.

Financial disclosure statements have been obtained, and no conflicts of interest have been reported by the authors or by any individuals in control of the content of this article.

Supplemental digital content is available for this article. Direct URL citations appear in the printed text and are provided in the HTML and PDF versions of this article on the journal's Web site (www.ajpmr.com).

Copyright © 2016 Wolters Kluwer Health, Inc. All rights reserved.

ISSN: 0894-9115

DOI: 10.1097/PHM.0000000000000656

**Bilateral Patellar Tendon Tears After a Fall From Standing Position
Do You Mind Systemic Diseases and Medications?**

To the Editor:

We read with great interest the article by Tsur et al.¹ entitled "Bilateral patellar tendon tears after a fall from standing position." The article describes a case of bilateral patellar tendon rupture after a minor trauma verified by performing magnetic resonance imaging. However, we miss the information about the medical history of the patient because bilateral quadriceps tendon ruptures are highly correlated with systemic disease.² We recently published a case of bilateral rectus femoris muscle rupture associated with statin treatment.³ Statins (3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase inhibitors) are commonly used for the prevention and treatment of atherosclerotic vascular disease. Apart from others (nervous, gastrointestinal, etc), one important adverse effect is related to muscle toxicity, which can

manifest as tendinitis, tendinopathy, tendon rupture, muscle pain, myositis, myopathy, or rhabdomyolysis.⁴ Tendon rupture associated with statin therapy may be related to inhibitory effects of statins on matrix metalloproteinase activity as well as reduction and disorganization of collagen type I in tendons.^{5,6} As such, we suggest that physicians should be aware of relevant systemic diseases and/or medications while they question the background of (particularly bilateral) tendon ruptures.

Kamal Mezian, MD

Department of Health Care Disciplines and Population Protection
Faculty of Biomedical Engineering
Czech Technical University in Prague
Kladno, Czech Republic

Jan Vacek, MD

Department of Rehabilitation Medicine
Faculty Hospital Královské Vinohrady
Charles University in Prague
Prague, Czech Republic

Leoš Navrátil, MD

Department of Health Care Disciplines and Population Protection

Faculty of Biomedical Engineering
Czech Technical University in Prague
Kladno, Czech Republic

Levent Özçakar, MD

Department of Physical and Rehabilitation Medicine
Hacettepe University Medical School
Zemin Kat FTR AD
Sıhhiye, Ankara, Turkey

DOI: 10.1097/PHM.0000000000000795

REFERENCES

1. Tsur A, Deeb M, Shakeer N, et al: Bilateral patellar tendon tears after a fall from standing position. *Am J Phys Med Rehabil* 2017. doi:10.1097/PHM.0000000000000724. Published online ahead of print, September 8, 2016
2. Lyle JE: Quadriceps tendon rupture. eMedicine. Ho SSW (ed): March 2, 2015. *Medscape*. Available at: <http://emedicine.medscape.com/article/1249621-overview>. Accessed March 5, 2017
3. Mezian K, Vacek J, Navrátil L, et al: Bilateral rectus femoris muscle rupture following statin medication. *Am J Phys Med Rehabil* 2017;96:e138
4. Marie I, Delafénètre H, Massy N, et al: Tendinous disorders attributed to statins: a study on ninety-six spontaneous reports in the period 1990–2005 and review of the literature. *Arthritis Rheum* 2008;59:367–72
5. Pullatt RC, Gadarla MR, Karas RH, et al: Tendon rupture associated with simvastatin/ezetimibe therapy. *Am J Cardiol* 2007;100:152–3
6. de Oliveira LP, Vieira CP, Guerra FD, et al: Structural and biomechanical changes in the Achilles tendon after chronic treatment with statins. *Food Chem Toxicol* 2015;77:50–7

Úvod do neuromuskulární ultrasonografie

Introduction to Neuromuscular Ultrasound

Souhrn

Ultrasonografie, která využívá vysokofrekvenční sondy s vynikající rozlišovací schopností, zažívá prudký vývoj v neuromuskulární i muskuloskeletální medicíně. Vzhledem k absenci ionizujícího záření, absolutních kontraindikací, relativně nízké ceně, možnosti opakovaných vyšetření a dynamického zobrazení se stala zejména v posledních letech předmětem zájmu. Tento souhrnný přehled se zabývá přínosem ultrasonografie v hodnocení lokalizovaných svalových postižení a lézí periferních nervů. Ultrasonografi lze vzhledem ke schopnosti detekce svalových morfologických změn, svalových fascikulací a fibrilací využít i v diagnostice neuromuskulárních chorob a myopatií. Uplatňuje se také při intervenčních výkonech při aspiraci tekutiny, k navigaci aplikace botulotoxinu při spasticitě, léčebných obstrukcích, nervových blokáдах apod.

Abstract

Neuromuscular and musculoskeletal medicine is witnessing rapid development of high-resolution ultrasound, the advantages of which include absence of radiation exposure, no absolute contraindications, cost-effectiveness, dynamic imaging and repeatability. The present paper reviews the use of ultrasound in evaluating localized muscle and peripheral nerve lesions. Ultrasound can also be used to detect muscle fasciculations and fibrillations. It also enables detection of morphological changes accompanying chronic myopathies. Ultrasound is a valuable tool to guide various interventional procedures (fluid aspiration, botulinum toxin injection, joint injections, nerve blocks etc).

Autoři deklarují, že v souvislosti s předmětem studie nemají žádné komerční zájmy.

The authors declare they have no potential conflicts of interest concerning drugs, products, or services used in the study.

Redakční rada potvrzuje, že rukopis práce splnil ICMJE kritéria pro publikace zasílané do biomedicínských časopisů.

The Editorial Board declares that the manuscript met the ICMJE "uniform requirements" for biomedical papers.

**K. Mezian¹, P. Steyerová²,
J. Vacek³, L. Navrátil¹**

¹ Katedra zdravotnických oborů
a ochrany obyvatelstva, Fakulta
biomedicínského inženýrství
ČVUT v Praze

² Radiodiagnostická klinika

1. LF UK a VFN v Praze

³ Klinika rehabilitačního lékařství

3. LF UK a FN Královské Vinohrady, Praha



MUDr. Kamal Mezian
Katedra zdravotnických oborů
a ochrany obyvatelstva
Fakulta biomedicínského inženýrství
ČVUT v Praze
Sportovců 2311
270 01 Kladno
e-mail: kamal.mezian@gmail.com

Přijato k recenzi: 4. 7. 2016

Přijato do tisku: 17. 8. 2016

Klíčová slova

nervus medianus – periferní nerv – musku-
loskeletální – ultrazvuk – ultrasonografie –
úžinový syndrom – syndrom karpálního
tunelu – intervenční metody – ultrazvuková
navigace – amputační neurom

Key words

median nerve – peripheral nerve – muscu-
loskeletal – ultrasound – ultrasonography –
entrapment syndrome – carpal tunnel
syndrome – interventional methods – ultra-
sound guidance – amputation neuroma

<http://dx.doi.org/10.14735/amcsnn2016656>

Poděkování za dlouhodobou podporu patří prof. MUDr. Ivanu Dylevskému, DrSc.

Úvod

Ultrasonografií periferních nervů a pohybového aparátu se stále více kromě radiologů zabývají i klinici [1]. Neuromuskulární ultrasonografie (US) se stala předmětem zájmu zejména v posledních letech s modernizací přístrojové techniky, která využívá vysokofrekvenční sondy s vysokou rozlišovací schopností. US zobrazuje měkké tkáně (nervy, chrupavky, vazivové struktury, svaly) diferencovaně podle jejich echogenity. Umožňuje kvali- i kvantitativní posouzení vyšetřovaných tkání. Zobrazit je možno většinu měkkých tkání, nicméně vyšetření je limitováno, pokud zkoumaná oblast leží v akustickém stínu kostních struktur. Pohybový aparát je možné vyšetřit také již prenatálně a odhalit tak malformace axiálního skeletu a končetin. US v některých případech nahrazuje vyšetření metodou magnetické rezonance (MR), oproti které nabízí některé výhody. Moderní US přístroje nabízejí v hloubce do 1,5 cm od povrchu epidermis prostorové rozlišení 0,1 mm, tedy vyšší než MR o intenzitě magnetického pole 3 Tesla, s rozlišením $0,2 \times 0,2 \times 1$ mm [2]. US dále umožňuje dynamické vyšetření a nabízí možnost stranového porovnání. Dopplerovské mapování poskytuje posouzení úrovně vaskularizace vyšetřované tkáně. US vyšetření prakticky nemá kontraindikace a dává možnost vyšetřit pacienty, u kterých nelze použít jiné metody. Při vyšetření je užitečné využít „sonopalpace“ ke korelaci nalezené patologie s místem maximální bolestivosti.

Přístrojové vybavení

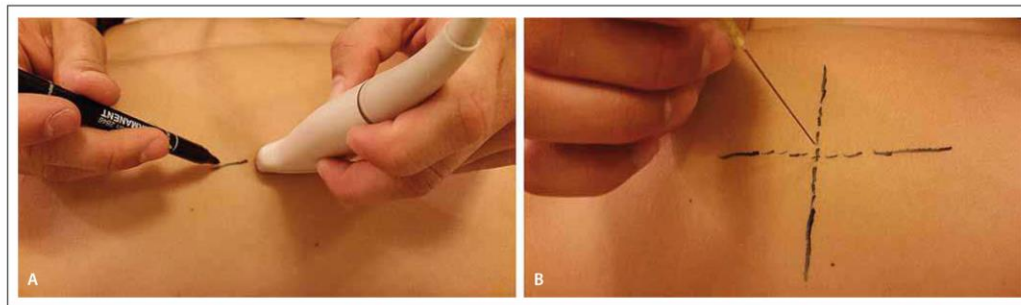
V neuromuskulární US nachází využití zejména vysokofrekvenční sondy o frekvenci 18–22 MHz. Tyto sondy mají výborné prosto-

rové rozlišení a jsou schopny zobrazit tkáně do hloubky cca 3 cm, což je pro většinu měkkých tkání a periferních nervů dostatečné. Pro zobrazení hlubších struktur lze použít sondy s nižší frekvencí. S výhodou se dá využít i malá angulovaná sonda, tzv. hokejka, která poskytuje lepší možnosti pro manipulaci. Větší část vyšetření se odehrává v černobílém B-módu. Vyšetření je prováděno v reálném čase a poskytuje možnost hodnocení nejen statické, ale též dynamické – pohyblivosti tkání vůči sobě, detekci živení, změny polohy tkání při pohybu končetiny, zobrazení svalových fascikulací a fibrilací apod. Dopplerovské mapování umožňuje detekci vaskularizace ve tkáni či přítomnost aberantních vaskulárních struktur (variet či např. pseudoaneuryzmat). Dalším významným milníkem ve vývoji techniky je sonoelastografie, která je schopna převést do barevného signálu informaci o tuhosti tkáně. Moderní US přístroje nabízejí rozšířené funkce pro zlepšení zobrazení. Užitečné může být zvýšení kontrastu zobrazené jehly (beam steering), které se uplatní při navigaci intervenčních metod. Panoramatická funkce rozšiřuje zobrazené pole. Relativně novou technologií je zpětná rekonstrukce trojdimenzionálních obrazů [3].

Intervenční neuromuskulární ultrasonografie

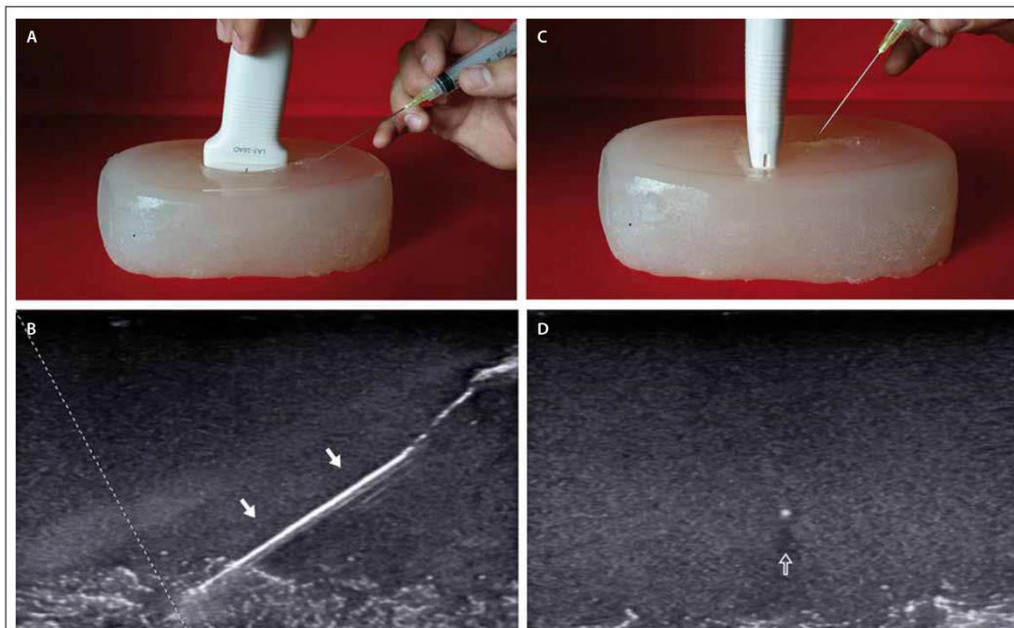
Intervenční metody jsou nedílnou součástí neuromuskulární US. Pod US navigací lze provádět punkce tekutinových kolekcí, aplikaci léčebného obstrůku u entrapment syndromů, regionální anestezii či odběr tkáně za účelem histologického vyšetření. V neurologii je US využívána také k navigaci aplikace botulotoxinu [4]. Základní techniky navigace jehly pomocí US jsou „indirect“ (obr. 1) a „direct“ (obr. 2).

Techniku „direct“ lze použít při zobrazení „in-plane“ a „out-of-plane“. US poskytuje přesnou a maximálně šetrnou navigaci jehly, jejíž poloha je kontrolována v reálném čase. Polohu jehly lze též v každém okamžiku intervence změnit tak, aby bylo možno intervenci přesně zacílit a vyhnout se poranění anatomických struktur, zejména cév. Možnost kontroly pozice jehly zpřesňuje intervenci a vede k bezpečnějšímu, někdy i efektivnějšímu provedení zákroku [5]. K navigaci intervenčních výkonů na periferních nervech se používají lineární sondy s vysokou frekvencí. K intervencím na hluboko uložených strukturách se může s výhodou použít sonda konvexní s nižší frekvencí (2–5 MHz) (např. kořenové injekce na cervikální a lumbosakrální páteři, kaudální epidurální blok, facetová blokáda, léčebný obstrůk sakroileckého skloubení). Po základním US vyšetření a posouzení anatomických poměrů zvážíme indikaci aplikace léčebného obstrůku a nejvhodnější technický postup. Dopplerovské zobrazení napomůže identifikovat cévní struktury. Kožní povrch je v místě plánovaného vpichu označen nesmazatelným fixem. Následuje důsledná kožní dezinfekce. U injekce povrchových struktur (reálné riziko kontaminace jehly sondou) použijeme sterilní návlék na sondu. Ke kožní anestezii lze použít anestetický sprej či lidokainový krém. Během injekce se zvyšujícím se úhlem zavedené jehly se též zvyšuje riziko ztráty vizuální kontroly hrotu jehly na US obrazovce vzhledem ke snížení intenzity signálu odraženého od jehly. Ke ztrátě hrotu z obrazovky může dojít i u velmi zkušených intervenčních sonografistů [6]. K opětovné vizualizaci hrotu však lze využít některých speciálních manévru (jemný třes jehlou, hydrolokace, Doppler



Obr. 1. Krok 1 (A), „Indirect“ navigace s vyznačením orientačních bodů na kůži pomocí US; krok 2 (B), punkce je provedena bez přímé vizualizace jehly.

Fig. 1. Step 1 (A), „Indirect“ navigation through target marking on the skin with US; step 2 (B), the needle is inserted without real-time visualisation.



Obr. 2. „Direct in-plane“ technika (zobrazení celé délky jehly v reálném čase) na želatinovém fantomu s použitím funkce zvýraznění viditelnosti jehly (bílá šipka) (A,B); „direct out-of-plane“ metoda se zobrazením hrotu či těla jehly v podobě tečky (prázdná šipka) (C,D).
Fig. 2. „Direct in-plane“ (real-time needle visualisation) technique on a gelatine phantom with the whole needle length visualisation (white arrow), using needle visualisation feature (A,B); „direct out-of-plane“ method with the hyperechoic spot as a visualisation of the needle tip or needle shaft (void arrow) (C,D).

apod.), speciálního softwaru („beam steering“) či echogenních jehel s nepravidelným povrchem. U jedinců, kteří nepociťují anxiety, se s výhodou uplatňuje pacientův přímý vizuální „feedback“ s procedurou na obrazovce přístroje [7].

Ultrasonografie svalů

Svalové struktury mají při US vyšetření typický vzhled s longitudinálně (v ose svalu) uspořádanou pravidelnou strukturou svalových vláken, která se jeví tmavší (hypoechogenní), a vazivovými septy a fasciemi, které jsou v US obraze světlejší (hyperechogenní). Při vyšetření svalu po traumatu lze odhalit porušení kontinuity svalových vláken s heterogenní strukturou svalu a s tvorbou hematomu. Během hojení můžeme pozorovat změny echogenity poraněné oblasti s tvorbou jizevnatých změn. US lze využít i v diagnostice myopatií. Mezi známky patologicky změněného svalu patří vyšší echogenita, atrofie (obr. 3), zvýšená homogenita a snížení sytosti kostního stínu [8].

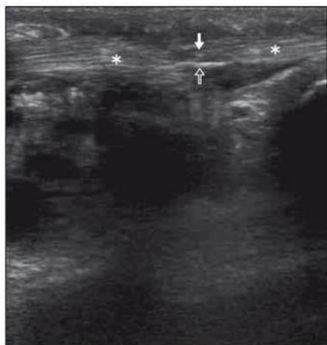


Obr. 3. Denervace a tuková atrofie svalu (vlevo bílé šipky) u pacienta s lézí nervus ischiadicus po náhradě kyčelního kloubu.

Vpravo normální nález (prázdné šipky).

Fig. 3. Denervation and fatty atrophy of the thigh muscle (white arrows) in a patient with sciatic nerve palsy after hip joint replacement.

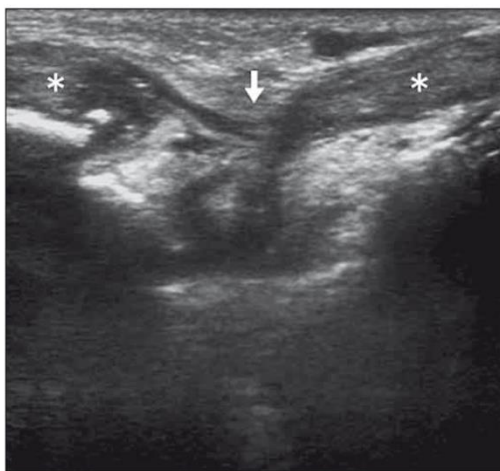
Normal muscle on the right (void arrows).



Obr. 4. Stav po řezném poranění v oblasti volární části palce, selhání sutury – v US obraze přerušení kontinuity s retrakcí konců šlachy (hvězdičky), mezi konci jizvení (bílá šipka) a pruhovité hyperecho šicího materiálu (prázdná šipka).

Fig. 4. Tendon reconstruction failure after cutting wound in the thenar region – the US reveals tendon discontinuity with ends retraction (asterisks); scar tissue forming (white arrow) and hyperechoic line of the suture material is seen (void arrow).

Dochází k tukové a fibrózní přestavbě, což vede ke zvýšené akustické impedanci svalové tkáně. V některých případech, např.



Obr. 5. Ruptura extenzoru zápěstí (bílá šipka) klinicky imitující parézu nervus radialis.

Retrahované konce extenzoru (hvězdičky).

Fig. 5. Wrist extensor tendon rupture (white arrow) clinically mimicking radial nerve palsy.

Retracted ends of extensor tendons (asterisks).

při Duchennově muskulární dystrofii, dochází ke svalové pseudohypertrofii. Při diagnostice myopatií byla zjištěna 67–81% senzitivita a 84–92% specifická [9]. Hodnocení echogenity svalu je však zatíženo subjektivní chybou. Při použití speciálního softwaru (počítačovým zpracováním stupnice šedi) se senzitivita zvyšuje na 87–92 % [10]. Metoda však zatím není rozšířena na rutinní praxi, neboť je nutné nejdříve překonat technická úskalí spojená s variabilním nastavením přístroje. Tím, že má US vysokou citlivost při detekci fascikulací, stává se vítaným pomocníkem při diagnostice neuromuskulárních chorob. Svalové fascikulace je možno pozorovat a dokumentovat v reálném čase [11]. Limitovaně lze detekovat i svalové fibrilace [12,13].

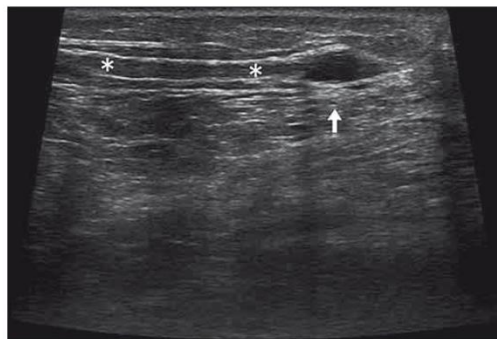
Šlachy mají výrazně vyšší echogenitu, což usnadňuje identifikaci zánětlivých či traumatických změn. Pomocí US je možno hodnotit kontinuitu šlachy a její porušení (např. traumatické) (obr. 4), změny při entezopatiích či zánětlivých procesech ať už akutních nebo chronických.

Ultrasonografie nervu

US umožňuje přímou vizualizaci periferních nervů. Na příčném průřezu mají periferní nervy ovoidní či oploštělý tvar. Ultrazvukem lze diferencovat struktury až k jednotlivým nervovým fascikulům. Nervy mají v US obraze vzhled medové plástve či snopce obilí se smíšenou

echogenitou. Nervové fascikly jsou hypoechogenní, vazivové obaly fascikulů i celého nervu hyperechogenní. Existuje však několik výjimek, které mají ve specifických lokalitách fyziologicky hypoechogenní obraz (n. ulnaris v ulnárním sulku či n. radialis v sulcus nervi radialis) [14]. Periferní nervový systém lze zobrazit od výstupů z neuroforamin až do úrovně drobných senzitivních větví [15]. Brachiální plexus je vyšetření snadno přístupný, ovšem plexus lumbosacralis je pro své hluboké uložení nesnadné zobrazit [16]. Končetinové nervy jsou vyšetření většinou dobře přístupné v celém svém průběhu, stejně tak je možno zobrazit nervy v oblasti hrudní a břišní stěny a krku. Průsvit vyšetřitelných periferních nervů se za fyziologických podmínek pohybuje od cca 10 mm (n. ischiadicus) po méně než 1 mm (senzitivní větve v podkoží či digitální větve na končetinách).

Přínosem může být vyšetření jako doplňující informace k elektrofyziologickým vyšetřením, např. přesná lokalizace léze při entrapment syndromech. Při poruše konduktivity lze použitím US zhodnotit zachování či porušení strukturální kontinuity nervu, a tedy pomoci při indikaci k provedení nebo neprovedení rekonstrukčního výkonu. Někdy může sonografie příčinu potíží objasnit i tam, kde elektrofyziologické metody nepřinášejí uspokojivé vysvětlení (Mortonův neurom, meralgia paresthetica, syndrom tarzálního tunelu) [17]. Také může odlišit lézi nervu od patologie okolních tkání, pokud se klinicky projeví podobně (obr. 5), detekci anatomických variant apod. [18].



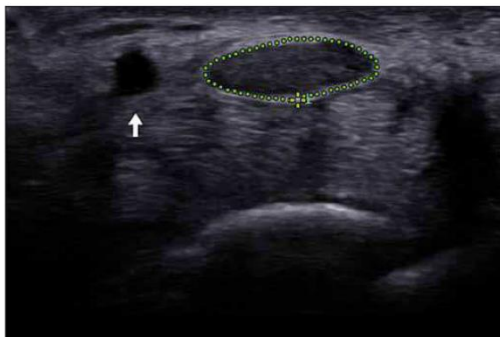
Obr. 6. Amputační neurom.

Kyjovité rozšíření pahýlu (bílá šipka) nervus ischiadius (hvězdičky) u pacienta po amputaci dolní končetiny.

Fig. 6. Stump neuroma.

A thickened club-shaped end (white arrow) of the sciatic nerve (asterisks) in a patient after leg amputation.

ÚVOD DO NEUROMUSKULÁRNÍ ULTRASONOGRAFIE

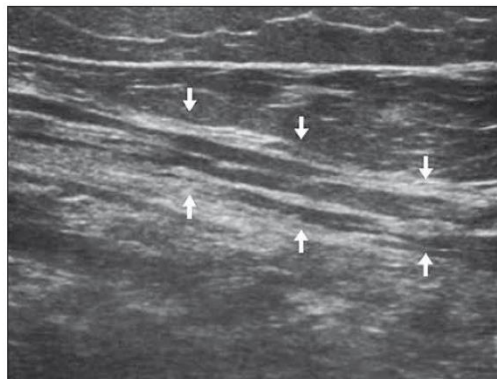


Obr. 7. Příčný sonogram levého zápěstí.

Příčný průřez nervu medianus (tečkované eliptické ohraničení) byl vyšší (31 mm²) než horní hranice normy (15,3 mm²). Nervus medianus se kromě rozšíření zobrazuje s patologickou hypoechoitou a patrným setřením fascikulární struktury nervu. Arteria ulnaris (bílá šipka).

Fig. 7. Axial sonogram of the left wrist.

Cross-sectional area of the median nerve (dotted ellipse) was larger (31 mm²) than normative data cut-off value (13.8 mm²). Median nerve appears swollen, hypoechoic and shows loss of the fascicular pattern. Ulnar artery (white arrow).



Obr. 8. Obraz nervu při CIDP (chronická zánětlivá demyelinizační polyneuropatie).

Je patrné nepravidelné zesílení jednotlivých fasciкул nervu (bílé šipky) (zde nervus ischiadicus).

Fig. 8. Nerve affected by CIDP (chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy).

Irregular thickening of individual nerve fascicles is seen (white arrows) (sciatic nerve).

U fantomových bolestí u pacientů po amputacích lze pomocí US identifikovat amputační neurom (obr. 6), a pomocí cílených blokad určit zdroj pacientových obtíží a poskytnout úlevu od bolesti.

Zhodnocením struktury nervu a přilehlých měkkých tkání se dají odhalit též sekundární příčiny léze nervu. Například při peroneální mononeuropatii lze až v 18 % případů zjistit sekundární příčinu v existenci intra-neurálního ganglionu v sousedství hlavičky fibuly [19]. Při vyšetření nervu hodnotíme jeho tvar, rozměry, echogenitu a vaskularitu. Při entrapment syndromech dochází k edému endo-epineuria a tvar nervu se zpravidla oplošťuje. V ultrazvukovém obraze dochází ke snížení echogenity nervu, rozšíření fasciкул či setření fascikulární struktury. Nejužívanější nástroje pro hodnocení rozměrů nervů v příčném zobrazení jsou plocha průřezu (Cross-Sectional Area; CSA) a swelling ratio (poměr CSA v místě nejvyšší hodnoty/kontralaterální strana) (obr. 7). V případech suspekce na diagnózu syndrom karpálního tunelu lze vyšetření CSA n. medianus v úrovni vstupu do karpálního tunelu využít jako skríningový nástroj [20].

Pro některé nervy a specifické lokality byly stanoveny referenční hodnoty [21]. Při chronické lézi nervu dochází často k jeho rozšíření, které je dobře patrné v US obraze. Selektivní edém nervových fasciкул se vy-

skytuje u některých onemocnění (chronická zánětlivá demyelinizační polyneuropatie (obr. 8) či některé druhy Charcot Marie Tooth polyneuropatie) [22].

Hypoechoicenní strukturu nervu pozorujeme typicky při diabetické polyneuropatii [23]. Patologickou vaskularizaci prokazujeme při přítomnosti signálu barevného mapování uvnitř nervu [24]. V některých případech (syndrom karpálního tunelu) dochází ke snížení mobility nervu, jindy se mobilita zvyšuje (syndrom kubitálního tunelu) [25,26].

Závěr

US rozšiřuje diagnostické možnosti v oblasti měkkých tkání. Nabízí dostupný a bezpečný způsob zobrazení měkkých tkání ležících mimo akustické kostní okno. Je velmi přínosná v hodnocení lokalizovaných svalových postižení a lézí periferních nervů. US lze ale využít i v diagnostice neuromuskulárních chorob a myopatií. Kromě diagnostiky se rovněž uplatňuje při intervenčních výkonech z nejrůznějších indikací.

Literatura

1. Sharpe RE, Nazarian LN, Parker L, et al. Dramatically increased musculoskeletal ultrasound utilization from 2000 to 2009, especially by podiatrists in private offices. J Am Coll Radiol JACR 2012;9(2):141–6. doi: 10.1016/j.jacr.2011.09.008.
2. Stoll G, Wilder-Smith E, Bendszus M. Imaging of the peripheral nervous system. Handb Clin Neurol 2013;115: 137–53. doi: 10.1016/B978-0-444-52902-2.00008-4.

3. Hrazdira L. Možnosti 3D ultrazvukového vyšetřování a prostorových rekonstrukcí pohybového aparátu. Brno: Paido 2004.
4. Ehler E. Použití botulotoxinu v neurologii. Česk Slov Neurol N 2013;76/109(1):7–21.
5. Wilson DJ, Scully WF, Rawlings JM. Evolving role of ultrasound in therapeutic injections of the upper extremity. Orthopedics 2015;38(11):e1017–24. doi: 10.3928/01477447-20151020-11.
6. Sites BD, Spence BC, Gallagher JD, et al. Characterizing novice behavior associated with learning ultrasound-guided peripheral regional anesthesia. Reg Anesth Pain Med 2007;32(2):107–15.
7. Çağlayan G, Özçakar L, Kaymak SU, et al. Effects of Sono-feedback during aspiration of Baker's cysts: a controlled clinical trial. J Rehabil Med 2016;48(4):386–9. doi: 10.2340/16501977-2049.
8. Zaidman C. Ultrasound of muscular dystrophies, myopathies, and muscle pathology. In: Walker FO, Cartwright MS (eds). Neuromuscular Ultrasound. 1st ed. Philadelphia: Elsevier 2011:31–49.
9. Pillen S, Arts IMP, Zwarts MJ. Muscle ultrasound in neuromuscular disorders. Muscle Nerve 2008;37(6):679–93. doi: 10.1002/mus.21015.
10. Pillen S, Verrips A, van Alfen N, et al. Quantitative skeletal muscle ultrasound: diagnostic value in childhood neuromuscular disease. Neuromuscul Disord 2007;17(7):509–16.
11. Walker FO, Donofrio PD, Harpold GJ, et al. Sonographic imaging of muscle contraction and fasciculations: a correlation with electromyography. Muscle Nerve 1990;13(1):33–9.
12. Pillen S, Nienhuis M, van Dijk JP, et al. Muscles alive: ultrasound detects fibrillations. Clin Neurophysiol 2009;120(5):932–6. doi: 10.1016/j.clinph.2009.01.016.
13. van Alfen N, Nienhuis M, Zwarts MJ, et al. Detection of fibrillations using muscle ultrasound: diagnostic accuracy and identification of pitfalls. Muscle Nerve 2011;43(2):178–82. doi: 10.1002/mus.21863.

14. Won SJ, Kim BJ, Park KS, et al. Reference values for nerve ultrasonography in the upper extremity. *Muscle Nerve* 2013;47(6):864–71. doi: 10.1002/mus.23691.
15. Simonetti S, Bianchi S, Martinoli C. Neurophysiological and ultrasound findings in sural nerve lesions following stripping of the small saphenous vein. *Muscle Nerve* 1999;22(12):1724–6.
16. Demondion X, Herbinet P, Boutry N, et al. Sonographic mapping of the normal brachial plexus. *AJNR Am J Neuroradiol* 2003;24(7):1303–9.
17. Özçakar L, Kara M, Yalçın B, et al. Bypassing the challenges of lower-limb electromyography by using ultrasonography. *AnatoMUS-II. J Rehabil Med* 2013;45(6):604–5. doi: 10.2340/16501977-1162.
18. Kurča E. Syndrom karpálního tunelu. *Cesk Slov Neurol N* 2009;72/105(6):499–510.
19. Visser LH. High-resolution sonography of the common peroneal nerve: detection of intraneural ganglia. *Neurology* 2006;67(8):1473–5.
20. Kurča E, Nosal V, Grofik M, et al. Single parameter wrist ultrasonography as a first-line screening examination in suspected carpal tunnel syndrome patients. *Bratisl Lek Listy* 2008;109(4):177–9.
21. Qirimli M, Ebadi H, Breiner A, et al. Reference values for ultrasonography of peripheral nerves. *Muscle Nerve* 2016;53(4):538–44. doi: 10.1002/mus.24888.
22. Sugimoto T, Ochi K, Hosomi N, et al. Ultrasonographic nerve enlargement of the median and ulnar nerves and the cervical nerve roots in patients with demyelinating Charcot-Marie-Tooth disease: distinction from patients with chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *J Neurol* 2013;260(10):2580–7. doi: 10.1007/s00415-013-7021-0.
23. Watanabe T, Ito H, Sekine A, et al. Sonographic evaluation of the peripheral nerve in diabetic patients: the relationship between nerve conduction studies, echo intensity, and cross-sectional area. *J Ultrasound Med* 2010;29(5):697–708.
24. Ghasemi-Esfte AR, Morteza A, Khalilzadeh O, et al. Color Doppler ultrasound for evaluation of vasomotor activity in patients with carpal tunnel syndrome. *Skeletal Radiol* 2012;41(3):281–6. doi: 10.1007/s00256-011-1149-8.
25. Hough AD, Moore AP, Jones MP. Reduced longitudinal excursion of the median nerve in carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88(5):569–76.
26. Filippou G, Mondelli M, Greco G, et al. Ulnar neuropathy at the elbow: how frequent is the idiopathic form? An ultrasonographic study in a cohort of patients. *Clin Exp Rheumatol* 2010;28(1):63–7.

Česká neurologická společnost ČLS JEP

Česká neurologická společnost (ČNS) je součástí České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně (www.cls.cz). Členem společnosti může stát lékař, farmaceut, případně jiný pracovník ve zdravotnictví a příbuzném oboru, který souhlasí s posláním a cíli ČLS JEP a zaváže se přispívat k jejich plnění. Každý může být členem více odborných společností.

Jak se stát členem ČNS?

- Vyplňte přihlášku na webových stránkách ČNS www.czech-neuro.cz, registrovat se zároveň můžete také do jednotlivých sekcí ČNS.
- Po odeslání registrace získáte na e-mail potvrzení o úspěšném odeslání Vaší přihlášky.
- Schvalování žádostí o členství probíhá vždy na nejbližší výborové schůzi ČNS, o přijetí Vás bude informovat sekretariát ČNS (sekretariat@czech-neuro.cz).

Co vám členství v ČNS přinese?

- Předplatné časopisu Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie.
- Pravidelný elektronický zpravodaj s novinkami.
- Zvýhodněné podmínky účasti na pravidelném neurologickém sjezdu a jiných akcích.
- Možnost zúčastnit se soutěže o nejlepší neurologické publikace.

Změny údajů

V případě změny Vašich údajů (jména, adresy, telefonu, e-mailu apod.) nahlaste ji, prosím, členské evidenci sekretariátu ČNS sekretariat@czech-neuro.cz. Změna bude nahlášena automaticky také vydavateli časopisu Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie a Centrální evidenci členů ČLS JEP.

Nabídka pro partnery České neurologické společnosti

Česká neurologická společnost je odborná vědecká společnost, jejímž cílem je dbát o rozvoj neurologie jako významné lékařské a vědecké disciplíny v České republice a podílet se na zajištění kvalitní pregraduální i postgraduální přípravy lékařů v tomto oboru.

Česká neurologická společnost nabízí své dlouhodobé partnerství farmaceutickým firmám, výrobcům lékařské techniky a dalším potenciálním partnerům v neurologické oblasti.

Co Vám můžeme nabídnout?

- Uveřejnění partnera na webové stránce České neurologické společnosti www.czech-neuro.cz.
- Uveřejnění partnera v tiskovinách České neurologické společnosti.
- Uveřejnění partnera v elektronickém newsletteru České neurologické společnosti (čtyři vydání/rok).
- Uveřejnění článku/inzerce v elektronickém newsletteru České neurologické společnosti.

Máte-li zájem spolupracovat s Českou neurologickou společností, kontaktujte náš sekretariát na e-mailu sekretariat@czech-neuro.cz. Případně nás neváhejte kontaktovat pro individuální nabídku.

7. DISKUZE

7.1 Vliv nošení obuvi s antepedální tlakovou redistribucí na vybrané struktury dolní končetiny

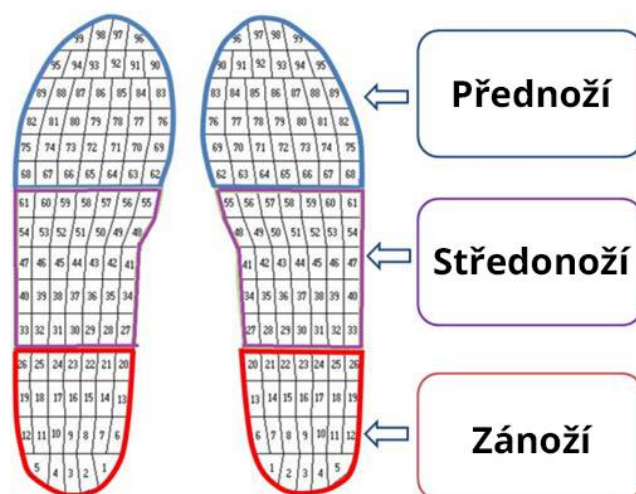
Ve výzkumu jsme použili US k měření výšky distální femorální chrupavky a šířky Achillovy šlachy a plantární fascie u žen nosících OATR. Výsledky jsme porovnali s kontrolní skupinou. Dle našich informací jsme byli prvními, kdo morfologii distální femorální chrupavky u této populace přímo studoval. U těchto žen bylo zjištěno ztlustění chrupavky mediálního kondylu na pravém kolenním kloubu ($2,00 \pm 0,41$ mm) oproti levému kolennímu kloubu, i ve srovnání s kontrolní skupinou ($p > 0,05$). Hypotéza H_1 byla potvrzena a hypotéza H_{1_0} byla vyvrácena. Pravděpodobným vysvětlením je edém mediální femorální chrupavky v důsledku chronického přetěžování mediálního kolenního kompartmentu. Přítomnost asymetrického nálezu dáváme do kontextu s alterací biomechaniky zátěže při nošení OATR, spolu s převažujícími degenerativními změnami na pravém kolenním kloubu v obecné populaci (Lee S. et al., 2016; Chitnavis J. et al., 2000).

Podle několika kinematických studií dochází při chůzi v OATR k alteraci rozložení zátěže na jednotlivé kompartmenty kolena, spolu se zvýšením abdukčního silového momentu. Další kinematické studie popisují zvýšení flexe v kolenním kloubu při stejné fázi kroku jako kompenzační mechanismus při zvýšeném působení reakčních sil od podložky. Zvýšení abdukčního silového momentu i změna biomechanických nároků při zvýšené flexi kolena je v pravděpodobné asociaci s akcelerací rozvoje osteoartrózy kolena (Barkema DD. et al., 2012).

Dále jsme u žen nosících OATR zjistili signifikantní rozšíření úponu Achillovy šlachy na levé straně ($4,07 \pm 0,48$ mm) proti kontrolní skupině ($p > 0,05$). Tloušťka plantární fascie nebyla u žen nosících OATR signifikantně rozdílná od kontrolní skupiny ($p > 0,05$). Hypotéza H_2 byla potvrzena a hypotéza H_{2_0} byla vyvrácena.

Rozšíření Achillovy šlachy u žen nosících OATR dokumentoval Csapo v roce 2010 (Csapo R. et al., 2010). Hypotetickou příčinou je chronické přetěžování lýtkového svalu. Rozšíření Achillovy šlachy u této skupiny žen považujeme za důsledek přetížení při zvýšeném napětí a zkrácení. Stabilometrická měření ukazují, že za normálních okolností 60 % hmotnosti těla směřuje do zánoží a 40 % do přednoží (Dylevský I., 2009). Při stoji na OATR se tlakové síly

přenášejí ze zánoží a středonoží zejména do oblasti mediální strany přednoží (obr. 35) (Karia S. et al., 2016).



Obr. 35. Anatomické členění chodidla.

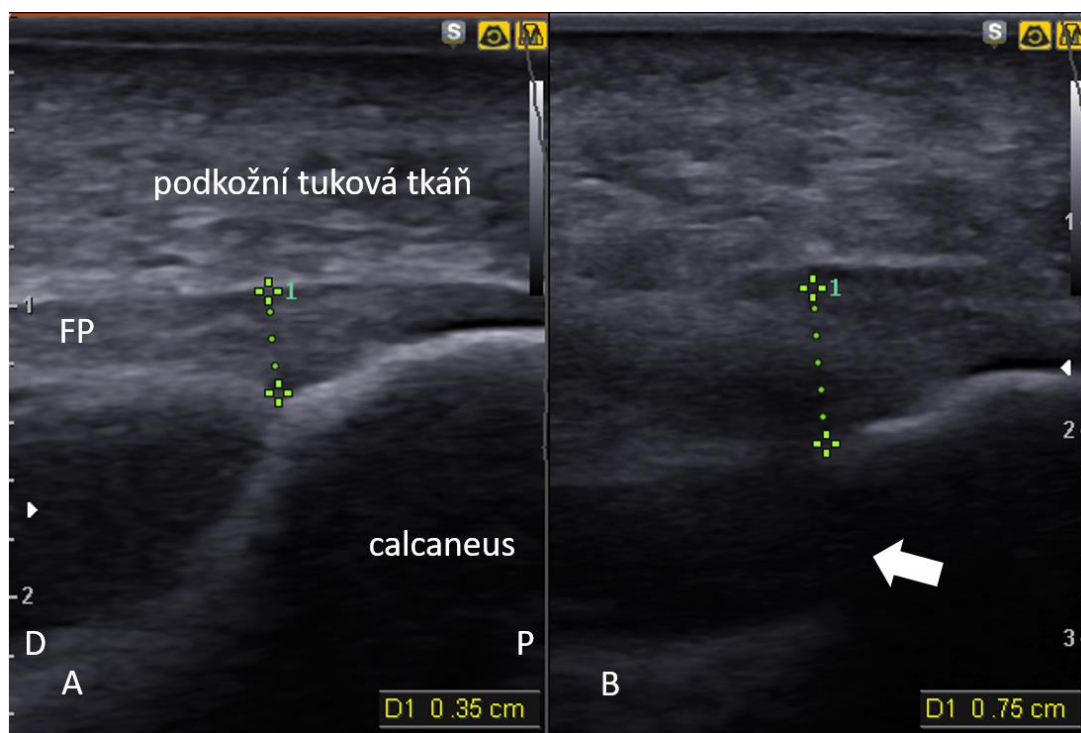
Zvyšují se reakční síly od podložky a zvyšuje se aktivita lýtkových svalů. Zjištění ztlustění femorální chrupavky na pravé straně a Achillovy šlachy na levé straně u žen nosících OATR dáváme do asociace s převažující koincencí kontralaterálních abnormalit v oblasti hlezna při osteoartróze kolenního kloubu (Kraus VB. et al., 2013).

Achillova šlacha je US vyšetření dobře přístupná. Vyšetření je hodnotné zejména při podezření na parciální rupturu. Další hodnotnou indikací je podezření na úponovou entezopatii. Ultrasonografie spolehlivě odhalí přítomnost tekutiny okolo šlachy, edém šlachy s jejím rozšířením či diskontinuitu vláken.

Tloušťka plantární fascie nebyla u žen nosících OATR signifikantně rozdílná od kontrolní skupiny ($p > 0,05$). Hypotéza H_3 byla vyvrácena a hypotéza H_{3_0} byla vyvrácena. Plantární fascie je ve stoji důležitá k udržení stability. Během chůze realizuje absorpci reakčních sil od podložky. Stoj v OATR je doprovázen zvýšeným napětím struktur udržujících klenbu nožní (Cho JR. et al., 2016). Některé práce toto napětí uvádějí do asociace se snížením klenby a rozvojem plantární

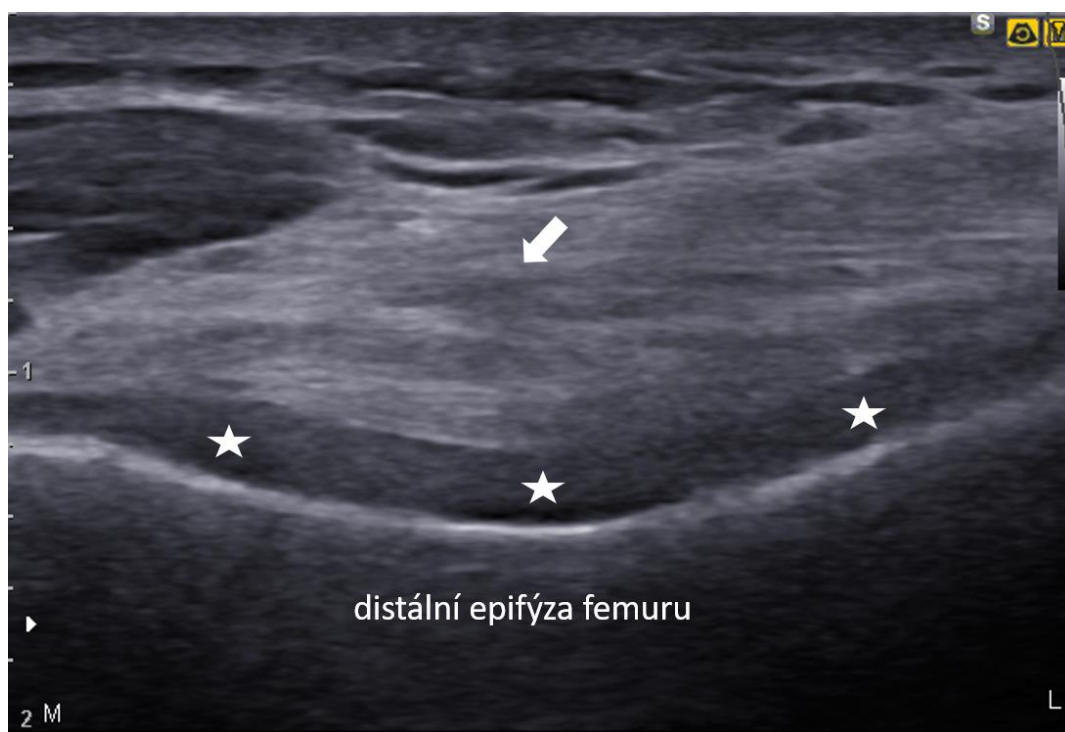
fasciitidy (Healey K. et Chen K., 2010). Yin se spoluautory dokumentují u žen nosících OATR 6–10 let snížení podélné klenby a po 20 letech nošení uvádějí propad i příčné klenby nožní (Yin CM. et al., 2016). Naše zjištění normální morfologie plantární fascie však není překvapivé, ve světle publikované práce Johna Orcharda uvádějící nižší výskyt plantární fasciitidy u žen nosících OATR (Orchard J., 2012). Někteří autoři dokonce doporučují ke snížení napětí plantární fascie při bolestivých stavech přiměřené zvýšení podpatku, maximálně však do 5 cm (Yu J. et al., 2016). Při nošení tohoto druhu obuvi je předpokládáno nižší napětí plantární fascie a dochází k přesunu tlakových sil zejména do oblasti přednoží (Bae YH. et al., 2015). Spojitost nošení OATR s vyšším výskytem bolestí chodidla však není jednoznačná (Menz HB. et al., 2016).

Sonografické zobrazení plantární fascie je možné od začátku na tuberositas calcanei, distálně až k jednotlivým cípům se svými úpony na vaginae fibrosae flexorových šlach či kloubních pouzdrech metatarzofalangeálních kloubů. Laterální porce vykazuje značnou variabilitu a ve 12 % případů zcela chybí (Dylevský I., 1991). Vyšetření proximální části je užitečné při podezření na plantární fasciitidu (obr. 36).



Obr. 36. A – normální plantární fascie má v US obraze fibrilární vzhled a normální tloušťku (0,35 cm); B – pro přítomnost plantární fasciitidy je charakteristické setřetí normální fibrilární struktury, snížení echogenity, tvorba kalcifikací, rozšíření plantární fascie (0,75 cm) a přítomnost calcar calcanei (bílá šipka) s tvorbou charakteristického stínu. Fascia plantaris (FP), proximální směr (P), distální směr (D).

Za horní mez normy tloušťky plantární fascie je typicky považována referenční hodnota 4 mm. Gadalla však následně upozorňuje na vyšší hodnoty i u asymptomatických jedinců (Gadalla N. et al., 2014). U plantární fasciitidy může být rovněž zvýšený signál power Doppler. Jako sonoelastografický nález uvádějí někteří autoři snížení tuhosti plantární fascie (Ríos-Díaz J. et al., 2015). Ultrasonograficky je možné spolehlivě prokázat přítomnost calcar calcanei plantaris, který je typicky spojený s chronickými případy plantární fasciitidy (Navrátil L. et al., 2001). Mimo plantární fasciitidu přináší US další možnosti např. v detekci plantární fibromatózy. Problematické místo metodologické části je kvantifikace výšky femorální chrupavky i následná interpretace. Technicky obtížné je zachování standardního pohledu na femorální chrupavku (obr. 37).



Obr. 37. Axiální sonogram distální epifyzy femuru při maximální flexi kolenního kloubu. Šlacha m. quadriceps femoris (šipka), mediální směr (M), laterální směr (L).

Výška femorální chrupavky může navíc kolísat v důsledku řady vlivů, mění se např. v závislosti na cirkadiánním rytmu (Kilic G. et al., 2015). Na druhou stranu někteří autoři při měření výšky distální femorální chrupavky dokumentují dostatečnou validitu a reliabilitu (Naredo E. et al., 2009). Saarakkala se spoluautory popisují US vyšetření femorální chrupavky u 40

pacientů jednu hodinu před artroskopickým výkonem a dokumentují významnou shodu US nálezu degenerativních změn na chrupavce a peroperačního nálezu (Saarakkala S. et al., 2012). Ultrasonografické měření femorální chrupavky bylo dokumentováno u různých patologických stavů např. u amputovaných, spinálních pacientů, u substituce vitamínem D, systémové sklerózy, systémového lupus erythematodes, akromegalie a dalších. Přesnost měření může být limitována technickými vlastnostmi přístroje i schopnostmi vyšetřujícího.

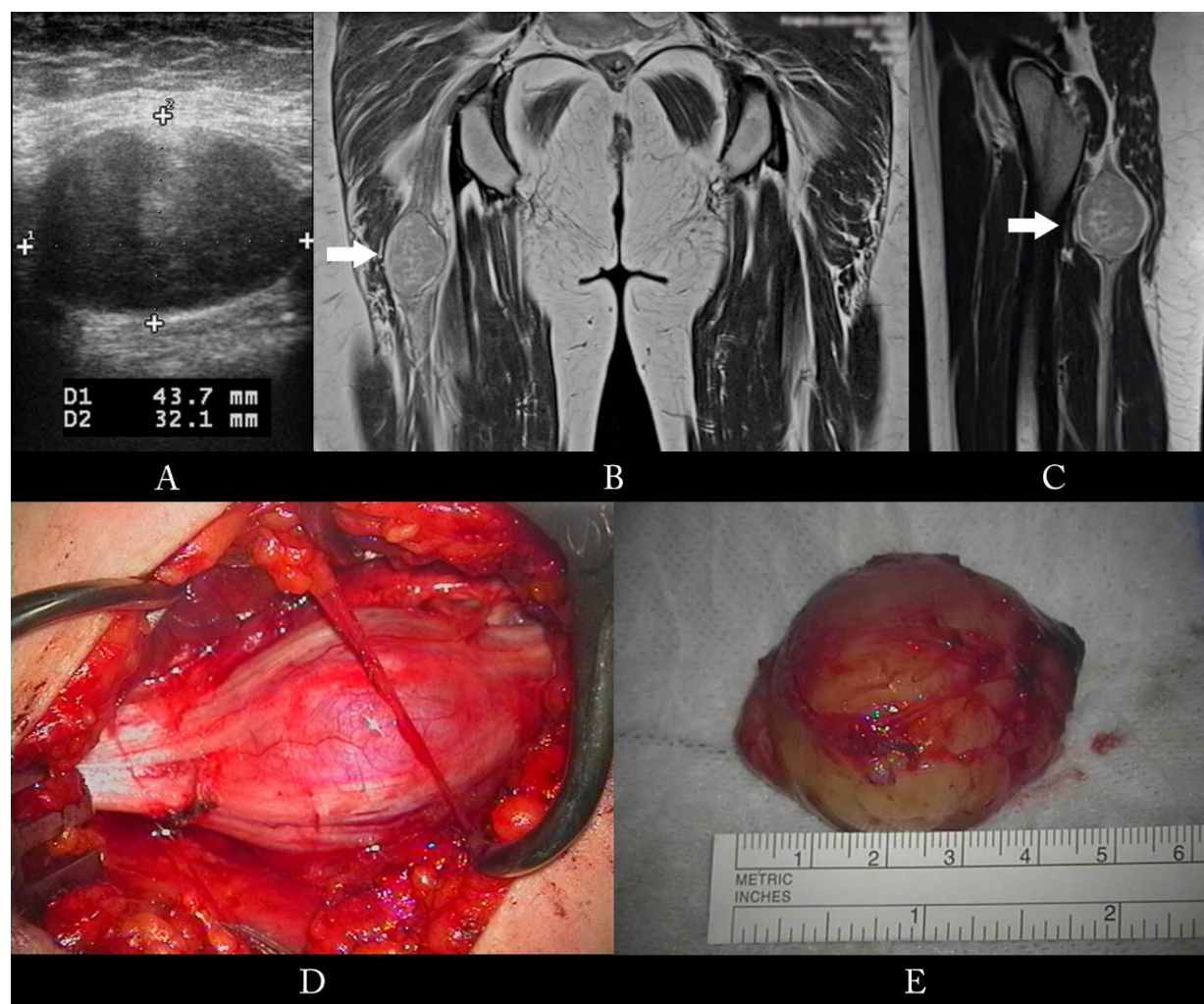
Výzkum je dále komplikován odlišnými biomechanickými poměry za různých situací, jako je stání, vstávání ze sedu, chůze po rovině a do schodů. Biomechanické podmínky se také liší mezi ženami nosícími OATR příležitostně a dlouhodobě (Fu F. et al., 2016). Odlišná situace nastává i s rozdílnou výškou podpatku (Barkema DD. et al., 2012). Některé práce uvádějí stranovou asymetrii plantární tlakové distribuce v pravděpodobné souvislosti s fyziologickou stranovou dominancí (Yin CM. et al., 2016). Vzhledem k absenci randomizace lze u žen nosících převážně OATR spekulovat o možné preferenci této obuvi v důsledku sníženého napětí v Achillově šlase. Omezené jsou i možnosti zobecnění zjištěných výsledků na populaci žen se strukturálními deformitami končetin, pooperačními stavy a na ženy vyšších věkových a váhových kategorií. Limitovaná je i případná extrapolace závěrů na mužské pohlaví. Další výzkum týkající se tohoto celosvětově rozšířeného módního doplňku je vítaný a zaměstnavatelé vyžadující u žen jako „dress code“ OATR by měli respektovat možná zdravotní rizika. Například v Kanadě byl v loňském roce uzákoněn zákaz povinného vyžadování OATR zaměstnavatelem. K podobnému kroku směřují i úřady na Filipínách.

7.2 Příspěvek k využití ultrasonografie u vybraných muskuloskeletálních onemocnění dolní končetiny

7.2.1 *Schwannom nervus ischiadicus*

Výsledkem kvalitativního výzkumu autora je publikované kazuistické sdělení dokumentující použití MSK US k odhalení a následnému kauzálnímu operačnímu řešení schwannomu n. ischiadicus v oblasti hýždě (obr. 38). Ultrasonografické charakteristiky u tří případů schwannomu periferních nervů publikoval V. Šimonovský v roce 1997 (Šimonovský V., 1997). Schwannom postihující n. ischiadicus je vzácný (Stéphanie S. et Wakap N., 2017). Případy

schwannomu postihujícího n. ischiadicus popisují i další kazuistiky (Godkin O. et al., 2016; As-Sultany M. et al., 2017).



Obr. 38. A – axiální sonogram schwannomu n. ischiadicus; B, C – MR průkaz intraneurálního tumoru (koronální a boční scan), D, E – peroperační nález.

Granata se spoluautory popisují symptomatický tumor n. ischiadicus odhalený US u 48leté pacientky imitující radikulární dráždění L5. Vzhledem ke skutečnosti, že pacientka odmítla operační exstirpaci, se autoři podle US a MR charakteristik pouze domnívají, že se jednalo o schwannom (Granata G. et al., 2014). V minulosti byla diagnostika a morfologický popis schwannomu realizována metodou MR. Dnes je díky kvalitní práci výzkumníků v technických a fyzikálních oborech možné použít US s vysokým rozlišením. Vyšetření MR má však nadále

zásadní význam v komplexním posouzení morfologických a topografických souvislostí a je důležité k posouzení nádorové invaze. Schwannom je poměrně frekventní benigní nádor, vycházející ze Schwannových buněk obalujících periferní nervy, které tvoří jejich myelinovou pochvu (Mankin HJ. et Mankin KP., 2014). Z benigních nádorů periferních nervů je schwannom nejčastější (80 %) (Chick G. et al., 2016). Typicky se vyskytuje v oblasti hlavy a krku, flexorových stranách končetin, v mediastinu a v retroperitoneu. Na dolní končetině častěji postihuje kmen n. ischiadicus a n. peroneus communis.

Může však postihnout kterýkoliv periferní nerv na dolní i horní končetině. Muži i ženy jsou postiženi stejně často a u dětí se jedná o nález vzácný (Mankin HJ. et Mankin KP., 2014). V. Šimonovský však dokumentuje případy schwannomu u 10letého chlapce a 16leté dívky (Šimonovský V., 1997). Typicky se vyskytuje solitárně, ale někdy může být vícečetný (typicky u neurofibromatózy typu 1) (As-Sultany M. et al., 2017). Většinou se jedná o pomalu rostoucí útvar, který může produkovat příznaky komprese periferního nervu. Pro adekvátní léčbu je zásadní správná diagnostika s morfologickým posouzením útvaru. Ultrasonograficky je možné útvar odhalit a popsat jeho tvar, velikost, přítomnost vaskularizace a kontinuitu s periferním nervem (Adani R. et al., 2014). Průkaz kontinuity s periferním nervem je z diagnostického hlediska důležitý. Kontinuitu s nervem však nelze pomocí US zobrazení prokázat ve všech případech (Zhang H. et al., 2016).

Příslušná obrazová dokumentace zachycující vedle sebe US obraz, vyšetření z MR a peroperační fotografii je přehledně zachycena na titulní straně *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* vydaného v červenci roku 2017 (příloha 3). Námi dokumentovaný nález US obrazu schwannomu jako převážně homogenního, hypoechogenního tumoru s posteriorním akustickým zesílením, kontinuálně navazujícího na periferní nerv je v souladu s pracemi řady dalších autorů. Některé práce však jako US nález analogicky s MR popisují hyperechogenní střed s hypoechogenním „halo“, někdy nazývané „target sign“ (Yang F. et al., 2017). Ultrasonograficky zachycená morfologie však může být i značně heterogenní a může i imitovat maligní nádor. Degenerativní cystické přestavbě podléhají spíše schwannomy průměru nad 5 cm (Rosario MS. et al., 2016). Mylné podezření na maligní povahu útvaru může vzniknout i u infikovaného schwannomu, v současném písemnictví popsáno pouze v několika případech (Rosario MS. et al., 2016). Další případy dokumentují schwannomy imitující absces Bartholiniho žlázy, absces při lepromatózním onemocnění, akutní apendicitidu a pro MSK relevantní absces m.

iliopsoas (Kamp MC. et Unen JM., 2015). Biologické chování je většinou benigní, ale v literatuře jsou popsány i vzácné případy maligní transformace schwannomu (Mahajan V. et al., 2015). Maligní transformace schwannomu je však vzácná a častější je u neurofibromu (Mota SJ. et al., 2014). Námi dokumentovaný tumor měl na US pravidelný oválný tvar s rozměry 4,37×3,21 cm. As-Sultany v recentně publikované kazuistice uvádí jako nejobjemnější, dosud dokumentovaný schwannom n. ischiadicus útvar s rozměry 4,1×5,4×11 cm, diagnostikovaný MR a následnou US-navigovanou biopsií. Ultrasonografickou dokumentaci však autoři v práci nediskutují (As-Sultany M. et al., 2017). Průměr schwannomu však většinou nepřekračuje 2,5 cm.

Wu se spoluautory na souboru 49 schwannomů popisují oválný či vřetenovitý US nález u 79,6 % případů (Wu S. et al., 2012). U pacientky bylo přibližně ve středu oválného útvaru při přechodu tumor-nerv přítomno US znamení „kryšího ocásku“ (u schwannomu však bývají nervové fascikly vzhledem k tumoru situovány spíše excentricky) (Pierucci A. et al., 2013). Tento nález je patognomický spíše pro schwannom (vřetenovité schwannomy jsou však také běžné). V diferenciální diagnostice důležitý neurofibrom se naopak na US častěji jeví spíše vřetenovitý a oválný tvar není příliš typický. Přechod tumor-nerv bývá u neurofibromů častěji umístěný centricky. Pouze z tohoto pohledu US nález u naší pacientky svědčil spíše pro neurofibrom (ovšem v kontextu s dalšími US charakteristikami jsme od začátku usuzovali spíše na schwannom).

Je však nutné zvažovat i maligní nádor periferního nervu, který je typický (25–70 %) asociován s neurofibromatózou (Pierucci A. et al., 2013). Homogenita tumoru bez známek nekrózy u naší pacientky svědčila spíše pro nález benigní. Pro maligní povahu svědčí nález vysoké patologické hypervaskularizace a k dalšímu posouzení před případnou biopsií je vhodné US vyšetření k posouzení syčení kontrastní látkou (Pierucci A. et al., 2013). S použitím silového doppleru jsme v tumoru zaznamenali patologickou hypervaskularizaci, jejíž přítomnost popisuje ve své práci i Václav Šimonovský (Šimonovský V., 1997). Na druhou stranu, Pierucci se spoluautory v přehledovém článku dokumentují u schwannomu i neurofibromu jako typickou US charakteristiku nepřítomnost patologické hypervaskularizace (Pierucci A. et al., 2013). Některé práce naopak popisují přítomnost zvýšené aktivity barevného mapování u schwannomu i u neurofibromu. Autoři zde vyslovují domněnku, že porovnání hodnocení vaskularizace se staršími publikovanými pracemi může být problematické, vzhledem k technickému pokroku ve zdokonalení detekce patologické vaskularizace u moderních US přístrojů. Nervus ischiadicus je v gluteální krajině US vyšetření přístupný. Je situován přibližně uprostřed mezi tuber ischiadicum

a trochanter major. Distálněji prochází pod m. biceps femoris. Normální průměr nervu je 5–9 mm. V souladu s publikovanou literaturou dokumentujeme US jako vhodný nástroj k detekci tumorů periferních nervů. Ultrasonografie zde má nezastupitelné místo v navigaci odběru vzorku na histologické či cytologické vyšetření. Význam US je však i v monitoraci nálezů a při sledování pooperačních stavů. Léze menší než 1 cm v průměru však mohou na US v důsledku pooperační fibrózy uniknout pozornosti. Ultrasonografické zobrazení také může být limitováno, pokud je vyšetřovaný útvar obklopen tkáněmi s podobnou akustickou impedancí. Intenzivně studovány jsou i další možnosti použití US v posuzování nádorových afekcí, např. sonoelastografie, 3D zobrazení a použití kontrastních látek (Pierucci A. et al., 2013). Pedro se spoluautory popisují první zkušenosti s použitím vysokofrekvenční US u nádorů periferních nervů peroperačně (Pedro MT. et al., 2015). Symptomatické schwannomy bývají indikovány k operačnímu výkonu. Další indikací může být prevence při možné maligní transformaci. Při chirurgickém výkonu je zásadní zachování funkce nervu (Desai KI., 2017). Nálezem na n. ischiadicus v této lokalitě může být i amputační neurom či edém nervu při entrapment syndromu (Sanal HT., 2016).

V diferenciální diagnostice bolesti v gluteální krajině imitující radikulární dráždění US nabízí i další možnosti. V této lokalitě lze odhalit přítomnost ischiogluteální burzitidy při tuber ischiadicum častěji u pacientů s revmatickou polymyalgií. Další významnou indikací k vyšetření je podezření na poranění proximálních hamstringů při úponu na tuber ischiadicum. Častěji bývá poraněn m. biceps femoris. Případně zde může US vyšetření odhalit dorzální paralabrální cystu (Hsiao M. et al., 2017). Můžeme však vizualizovat i další struktury např. m. piriformis.

7.2.2 *Ruptura musculus rectus femoris*

Publikované kazuistické sdělení demonstruje využití MSK US k odhalení a objektivizaci oboustranné ruptury m. rectus femoris u pacienta užívajícího v prevenci aterosklerotického onemocnění atorvastatin. V tomto sdělení byla pro zachycení a obrazovou prezentaci větší plochy vyšetřované krajiny použita SW funkce „panoramic imaging“ (obr. 39). V diagnostice poranění stehenního svalu byla dříve považována za metodu volby MR. Díky kvalitní práci fyziků a techniků dnes můžeme představit možnou alternativu s použitím US s vysokou rozlišovací schopností. V literatuře je dokumentováno několik dalších případů izolované ruptury m. rectus femoris (Weber M. et al., 2010). Musculus rectus femoris je dvoukloubový sval a vzhledem ke

zvýšené práci v excentrickém režimu je zvláště náchylný ke zranění (Lutterbach-Penna RA. et al., 2014).



Obr. 39. Nálezem na longitudinálním sonogramu bylo přerušení kontinuity svalu s proximální retrakcí jeho distální části (šipka).

V publikovaném článku dokumentujeme případ ruptury u 74letého pacienta provozujícího rekreačně turistiku. Vyslovujeme hypotézu, že k oboustranné kompletní ruptuře m. rectus femoris došlo v souvislosti s užíváním atorvastatinu. Typicky však poranění tohoto svalu vznikají u fotbalistů a u sprinterů (Arous Y. et al., 2013).

Úponová šlacha m. quadriceps femoris má na US typicky třívrstvý obraz, někdy však můžeme pozorovat vrstvu jen jednu, jindy až pět. Prostřední vrstva je tvořena vlákny z m. vastus medialis a m. vastus lateralis. Dorzální vrstvu tvoří převážně vlákna z m. vastus intermedius. Technicky vzato všechny tyto vrstvy obsahují menšinově vlákna i z ostatních částí m. quadriceps femoris. Úpon m. quadriceps femoris má na US typickou fibrilární strukturu. Klinické vyšetření poranění stehenního svalu může být v důsledku otoku a hematomu limitováno a ruptury m. rectus femoris mohou uniknout pozornosti. Správná časná diagnostika je však prognosticky důležitá. Diagnostické omyly v časně diagnostice mohou vést k následným komplikacím, např. kalcifikacím, jizevnaté fibróze či tvorbě pseudocyst. Zvláště v případě parciálních ruptur není klinické vyšetření vždy zcela spolehlivé. U popisovaného pacienta US odhalila rupturu v místě distálního úponu, které je dle dostupné literatury pro toto zranění typické (Lutterbach-Penna RA. et al., 2014). Proximální ruptury jsou méně časté než distální. Balias se spoluautory na skupině 35 vrcholových fotbalistů dokumentují horší prognózu při návratu ke sportu (Balias R. et al., 2009).

Při podezření na proximální rupturu může být klinicky relevantní US vyšetření nepřímé úponové šlachy („indirect tendon“).

Nález retrahovaného svalu svědčil pro starší nález. S akutní rupturou bývá spojena spíše přítomnost hematomu či perifasciální tekutiny (Lutterbach-Penna RA. et al., 2014). Někdy se však poranění m. rectus femoris může prezentovat i jako pseudotumor. Pro zobrazení celé délky ventrálního stehna jsme použili funkci panoramatického zobrazení. Jessica Scott se spoluautory používají při vyšetření stehenního svalu techniku panoramatického zobrazení ke kvantifikaci svalové hmoty pomocí CSA a dokumentují významnou korelaci s kontrolními nálezy z MR (Scott JM. et al., 2017). Dále byl u pacienta s použitím synchronizace nahrávky US smyčky a videozáznamu zdokumentován dynamický test (dostupný na <http://links.lww.com/PHM/A351>). Představený dynamický manévř zvyšuje senzitivitu vyšetření a usnadňuje odlišení parciální ruptury m. rectus femoris od kompletní ruptury bez retrakce (Foley R. et al., 2015) (obr. 40). Pro odlišení parciální ruptury od kompletní je také užitečné zobrazení transverzální („short-axis“). Zpoždění v diagnostice a nesprávný léčebný režim může být spojen s rozvojem pozdních komplikací, např. myositis ossificans (Jarraya M. et al., 2017).

Foley se spolupracovníky dokumentuje dostatečnou spolehlivost US pro odhalení těžších nálezů vyžadujících operační výkon (Foley R. et al., 2015). Někteří autoři však uvádějí limitaci US při vyšetření stehenního svalu u obézních jedinců a pacientů s výrazně rozvinutou muskulaturou. Perfitt se spoluautory uvádí dostatečnou senzitivitu a nízkou specifitu US pro diagnostiku ruptury stehenního svalu a navrhuje pozitivní US nález následně verifikovat pomocí MR (Perfitt JS. et al., 2014). Popsaný případ pacienta dokumentuje úspěšnou konzervativní léčbu kompletní ruptury m. rectus femoris u aktivního seniora provozujícího i nadále rekreační turistiku.

Názory na indikaci chirurgického výkonu při kompletní ruptuře distálního úponu m. rectus femoris nejsou jednotné. Weber se spoluautory jej doporučují u mladých sportujících jedinců s funkčním deficitem. Popisují případ sportovce s kompletní rupturou m. rectus femoris bez funkčního deficitu úspěšně léčeného konzervativně, který následně zvítězil v extrémním triatlonu „Ironman“ (Weber M. et al., 2010). Operační výkon je někdy nezbytný v případě objemného hematomu či rozvoje kompartment syndromu (Jarraya M. et al., 2017).



Obr. 40. Defigurace na přední straně obou stehů při izometrické kontrakci odpovídají retrahovaným distálním koncům m. rectus femoris.

8. ZÁVĚRY

Kvantitativní výzkum s využitím MSK US prokázal statisticky signifikantní hypertrofii distální femorální chrupavky a rozšíření levé Achillovy šlachy u žen, které často nosí obuv s antepedální tlakovou redistribucí. V šířce plantární fascie nebyl v porovnání s kontrolní skupinou signifikantní rozdíl. Zjištěné nálezy na kolenním kloubu a Achillově šlaše považujeme za časně degenerativní změny, v pravděpodobné souvislosti s chronickým přetěžováním. Zjištěné skutečnosti upozorňují na nezbytnost upření zvýšené pozornosti k módnímu doplňku nošení tohoto typu obuvi v prevenci degenerativních onemocnění pohybového aparátu. Zvláště v případech, kdy zaměstnavatelé u žen vyžadují obuv s antepedální tlakovou redistribucí jako pracovní „dress code“ doporučujeme respektování svobodného rozhodnutí ve volbě typu obuvi.

Vedlejší cíl naší práce byl splněn formou vlastních výsledků kvalitativní výzkumné práce. Diskutovány byly dvě původní případové studie. První kazuistika se týkala použití US k objektivizaci oboustranné ruptury m. rectus femoris u pacienta užívajícího v prevenci aterosklerotické nemoci atorvastatin. Ve druhé případové studii byla US použita k odhalení objemného schwannomu n. ischiadicus v gluteální krajině.

Metodu diagnostické ultrasonografie v muskuloskeletální medicíně považujeme za přínosnou pro klinickou praxi i pro výzkum.

9. LITERATURA

ADANI, Roberto, Luigi TARALLO, Raffaele MUGNAI a Stefano COLOPI. Schwannomas of the upper extremity: analysis of 34 cases. *Acta Neurochirurgica* [online]. 2014, 156(12), 2325–2330. ISSN 0942-0940. Dostupné z: doi:10.1007/s00701-014-2218-2

AKKAYA, Nuray, Alper Murat ULAŞLI a Levent ÖZÇAKAR. Use of musculoskeletal ultrasound in clinical studies in physiatry: the „stethoscope" is also becoming the „pen". *Journal of Rehabilitation Medicine* [online]. 2013, 45(7), 701–702. ISSN 1651-2081. Dostupné z: doi:10.2340/16501977-1164

AL-RAMMAH, Tamader Y., Areej S. ALOUFI, Saffana K. ALGAEED a Noura S. ALOGAIL. The prevalence of work-related musculoskeletal disorders among sonographers. *Work* (Reading, Mass.) [online]. 2017, 57(2), 211–219. ISSN 1875-9270. Dostupné z: doi:10.3233/WOR-172558

APARD, T. a G. CANDELIER. Surgical ultrasound-guided carpal tunnel release. *Hand Surgery & Rehabilitation* [online]. 2017. ISSN 2468-1210. Dostupné z: doi:10.1016/j.hansur.2017.05.005

AROUS, Y, L DRIDI, M ALOUI, M OUJI, H BOUJEMAA a N. Ben ABDALLAH. Rectus femoris muscle, normal and pathological aspects. In: *ESSR 2013* [online]. 2013. Dostupné z: doi:10.1594/essr2013/P-0126

AS-SULTANY, Mohammed, Najla BEN-GHASHIR, Alpesh MISTRY a Coonoor CHANDRASEKAR. Giant schwannomas of the sciatic nerve. *BMJ case reports* [online]. 2017, 2017. ISSN 1757-790X. Dostupné z: doi:10.1136/bcr-2016-218466

ATA, Ayşe Merve, Şule Şahin ONAT a Levent ÖZÇAKAR. Ultrasound imaging for diagnosis and follow-up of persistent median artery thrombosis. *Muscle & Nerve* [online]. 2016a, 53(1), 152–154. ISSN 1097-4598. Dostupné z: doi:10.1002/mus.24896

ATA, Ayşe Merve, Şule ŞAHİN ONAT, Murat KARA a Levent ÖZÇAKAR. Ultrasound-Guided Injection of Carpal Tunnel: Do You Mind the Retinaculum? *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. 2016b, 95(2), e22. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0000000000000410

ATROSHI, Isam, Magnus FLONDELL, Manfred HOFER a Jonas RANSTAM. Methylprednisolone injections for the carpal tunnel syndrome: a randomized, placebo-controlled trial. *Annals of Internal Medicine* [online]. 2013, 159(5), 309–317. ISSN 1539-3704. Dostupné z: doi:10.7326/0003-4819-159-5-201309030-00004

BAAKLINI, Edeny, Michael ANGST, Florian SCHELLENBERG, Marina HITZ, Stefan SCHMID, Amir TAL, William R. TAYLOR a Silvio LORENZETTI. High-heeled walking decreases lumbar lordosis. *Gait & Posture* [online]. 2017, 55, 12–14. ISSN 1879-2219. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2017.03.035

BAE, Young-Hyeon, Mansoo KO a Suk Min LEE. The influence of revised high-heeled shoes on foot pressure and center of pressure during standing in young women. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 2015, 27(12), 3745–3747. ISSN 0915-5287. Dostupné z: doi:10.1589/jpts.27.3745

BALIUS, R., A. MAESTRO, C. PEDRET, A. ESTRUCH, J. MOTA, L. RODRÍGUEZ, P. GARCÍA a E. MAURI. Central aponeurosis tears of the rectus femoris: practical sonographic prognosis. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 2009, 43(11), 818–824. ISSN 1473-0480. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.2008.052332

BARKEMA, Danielle D., Timothy R. DERRICK a Philip E. MARTIN. Heel height affects lower extremity frontal plane joint moments during walking. *Gait & Posture* [online]. 2012, 35(3), 483–488. ISSN 1879-2219. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2011.11.013

BARNISH, Maxwell S. a Jean BARNISH. High-heeled shoes and musculoskeletal injuries: a narrative systematic review. *BMJ open* [online]. 2016, 6(1), e010053. ISSN 2044-6055. Dostupné z: doi:10.1136/bmjopen-2015-010053

BARNISH, Max, Heather May MORGAN a Jean BARNISH. The 2016 HIGH Heels: Health effects And psychosexual Benefits (HIGH HABITS) study: systematic review of reviews and additional primary studies. *BMC public health* [online]. 2017, 18(1), 37. ISSN 1471-2458. Dostupné z: doi:10.1186/s12889-017-4573-4

BATHALA, Lokesh, Venkataramana N KRISHNAM, Hari Kishan KUMAR, Vivekananda NELADIMMANAHALLY, Umashankar NAGARAJU, Himanshu M. KUMAR, Johan A. TELLEMAN a Leo H. VISSER. Extensive sonographic ulnar nerve enlargement above the medial epicondyle is a characteristic sign in Hansen's neuropathy. *PLoS neglected tropical diseases* [online]. 2017, 11(7), e0005766. ISSN 1935-2735. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pntd.0005766

BENEŠ, Jiří, Jaroslava KYMPLOVÁ a František VÍTEK. Akustika a biofyzika slyšení. In: *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory pro studium i praxi*. Praha: Grada Publishing, 2015, s. 132–142

BERRY, Kenneth J., Janis E. JOHNSTON a Paul W. MIELKE, 2011. Analysis of trend: a permutation alternative to the F test. *Perceptual and Motor Skills* [online]. 112(1), 247–257. ISSN 0031-5125. Dostupné z: doi:10.2466/03.PMS.112.1.247-257

BLANCHETTE, Mark G., John R. BRAULT a Christopher M. POWERS. The influence of heel height on utilized coefficient of friction during walking. *Gait & Posture* [online]. 2011, 34(1), 107–110. ISSN 1879-2219. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2011.03.023

BODOR, Marko, Jose Manuel ROJO-MANAUTE a Simon PODNAR. Reply. *Muscle & Nerve* [online]. 2016, 54(2), 344–345. ISSN 1097-4598. Dostupné z: doi:10.1002/mus.25170

BORCHGREVINK, Grethe E., Annja T. VISET, Eivind WITSØ, Berit SCHEI a Olav A. FOSS. Does the use of high-heeled shoes lead to fore-foot pathology? A controlled cohort study comprising 197 women. *Foot and Ankle Surgery: Official Journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons* [online]. 2016, 22(4), 239–243. ISSN 1460-9584. Dostupné z: doi:10.1016/j.fas.2015.10.004

BURKE, Christopher J., Jenny BENCARDINO a Ronald ADLER. The Potential Use of Ultrasound-Magnetic Resonance Imaging Fusion Applications in Musculoskeletal Intervention. *Journal of Ultrasound in Medicine: Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine* [online]. 2017, 36(1), 217–224. ISSN 1550-9613. Dostupné z: doi:10.7863/ultra.16.02024

CARTWRIGHT, Michael S., Vanessa BAUTE, James B. CARESS a Francis O. WALKER. Ultrahigh-frequency ultrasound of fascicles in the median nerve at the wrist. *Muscle & Nerve* [online]. 2017. ISSN 1097-4598. Dostupné z: doi:10.1002/mus.25617

CASS, Shane P. Ultrasound-Guided Nerve Hydrodissection: What is it? A Review of the Literature. *Current Sports Medicine Reports* [online]. 2016, 15(1), 20–22. ISSN 1537-8918. Dostupné z: doi:10.1249/JSR.0000000000000226

CESANA, Bruno Mario a Paolo ANTONELLI, 2016. Sample size calculations in clinical research should also be based on ethical principles. *Trials* [online]. 17(1), 149. ISSN 1745-6215. Dostupné z: doi:10.1186/s13063-016-1277-5

CHANG, Ke-Vin, Henry L. LEW, Tyng-Guey WANG a Wen-Shiang CHEN. Use of contrast-enhanced ultrasonography in musculoskeletal medicine. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. 2012, 91(5), 449–457. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0b013e31823caaa3

CHANG, Ke-Vin., Şule ŞAHİN ONAT, Chia W. LEE, Murat KARA, Chen Y. HUNG a Levent ÖZÇAKAR. EURO-MUSCULUS/USPRM basic scanning protocols revisited in children. *European Journal of Physical and Rehabilitation*

Medicine. 2016, 52(6), 887–901. ISSN 1973-9095

CHEN, Po-Cheng, Ching-Hui CHUANG, Yu-Kang TU, Chyi-Huey BAI, Chieh-Feng CHEN a Mei-Yun LIAW. A Bayesian network meta-analysis: Comparing the clinical effectiveness of local corticosteroid injections using different treatment strategies for carpal tunnel syndrome. BMC musculoskeletal disorders [online]. 2015, 16, 363. ISSN 1471-2474. Dostupné z: doi:10.1186/s12891-015-0815-8

CHENG, Yi, Xiuyue XU, Weimin CHEN a Yi WANG. Doppler sonography for ulnar neuropathy at the elbow. Muscle & Nerve [online]. 2016, 54(2), 258–263. ISSN 1097-4598. Dostupné z: doi:10.1002/mus.25022

CHITNAVIS, J., J. S. SINSHEIMER, M. A. SUCHARD, K. CLIPSHAM a A. J. CARR. End-stage coxarthrosis and gonarthrosis. Aetiology, clinical patterns and radiological features of idiopathic osteoarthritis. Rheumatology (Oxford, England). 2000, 39(6), 612–619. ISSN 1462-0324

CHO, Jin-Rae, Dae-Yeon LEE a Young-Ju AHN, 2016. Finite element investigation of the biomechanical responses of human foot to the heel height and a rigid hemisphere cleat. Journal of Mechanical Science and Technology [online]. 30(9), 4269–4274. ISSN 1738-494X, 1976-3824. Dostupné z: doi:10.1007/s12206-016-0839-5

CHUANG, Hung-Jui, Ming-Yen HSIAO, Chueh-Hung WU a Levent ÖZÇAKAR. Dynamic Ultrasound Imaging for Ulnar Nerve Subluxation and Snapping Triceps Syndrome. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation [online]. 2016, 95(7), e113-114. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0000000000000466

ČIHÁK, Radomír, 1972. Ontogenesis of the skeleton and intrinsic muscles of the human hand and foot. *Ergeb Anat Entwicklungsgesch.* 46, 5-194

COOK, Cristi R. Ultrasound Imaging of the Musculoskeletal System. The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice [online]. 2016, 46(3), 355–371, v. ISSN 1878-1306. Dostupné z: doi:10.1016/j.cvsm.2015.12.001

CRONIN, Neil J. The effects of high heeled shoes on female gait: a review. Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology [online]. 2014, 24(2), 258–263. ISSN 1873-5711. Dostupné z: doi:10.1016/j.jelekin.2014.01.004

CSAPO, Robert, C. N. MAGANARIS, O. R. SEYNNES a M. V. NARICI. On muscle, tendon and high heels. The Journal of Experimental Biology [online]. 2010, 213(Pt 15), 2582–2588. ISSN 1477-9145. Dostupné z: doi:10.1242/jeb.044271

D'AGOSTINO, Maria-Antonietta, Richard J. WAKEFIELD, Hilde BERNER-HAMMER, Olivier VITTECOQ, Georgios FILIPPOU, Peter BALINT, Ingrid MÖLLER, Annamaria IAGNOCCO, Esperanza NAREDO, Mikkel ØSTERGAARD, Maarten BOERS, Corine GAILLEZ, Karina VAN HOLDER, Manuela LE BARS a OMERACT-EULAR-ULTRASOUND TASK FORCE. Value of ultrasonography as a marker of early response to abatacept in patients with rheumatoid arthritis and an inadequate response to methotrexate: results from the APPRAISE study. Annals of the Rheumatic Diseases [online]. 2016, 75(10), 1763–1769. ISSN 1468-2060. Dostupné z: doi:10.1136/annrheumdis-2015-207709

DAS, Sabyasachi, Koel MITRA a Mohanchandra MANDAL, 2016. Sample size calculation: Basic principles. Indian Journal of Anaesthesia [online]. 60(9), 652–656. ISSN 0019-5049. Dostupné z: doi:10.4103/0019-5049.190621

DE MUYNCK, M., T. PARLEVLIET, K. DE COCK, L. VANDEN BOSSCHE, G. VANDERSTRAETEN a L. ÖZÇAKAR. Musculoskeletal ultrasound for interventional physiatry. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine. 2012, 48(4), 675–687. ISSN 1973-9095.

DESAI, Ketan I. The Surgical Management of Symptomatic Benign Peripheral Nerve Sheath Tumors of the Neck and Extremities: An Experience of 442 Cases. Neurosurgery [online]. 2017. ISSN 1524-4040. Dostupné z: doi:10.1093/neuros/nyx076

DÍAZ-TORNÉ, Cèsar, Carme MORAGUES, Elide TONIOLO, Carme GELI, Iván CASTELLVÍ, Patricia MOYA, Ignasi GICH a Josep M. LLOBET. Impact of ultrasonography on treatment decision in rheumatoid arthritis: the IMPULSAR study. *Rheumatology International* [online]. 2017, 37(6), 891–896. ISSN 1437-160X. Dostupné z: doi:10.1007/s00296-017-3689-2

DOPPLER, Christian Andreas. Über das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels. 1843, 2, 465–82

DVOŘÁKOVÁ, Zuzana, Lukáš KLIMPERA, Jakub OTÁHAL. 2008. 6. ročník konference Alternativní metody výuky

DYLEVSKÝ, Ivan. Tendons of the m. flexor digitorum superficialis et profundus in the ontogenesis of the human hand. *Folia Morphologica*. 1968, 16(2), 124–130

DYLEVSKÝ, Ivan. 1969. Ontogenesis of the M. palmaris longus in man. *Folia Morphologica*. 17(1), 23–28

DYLEVSKÝ, Ivan. Growth of the human embryonic hand. *Acta Universitatis Carolinae: Medica Monographia* 1986;114:1-139. ISSN 0567-8250

DYLEVSKÝ, Ivan. Connective tissues of the hand and foot. *Acta Universitatis Carolinae. Medica. Monographia*. 1988, 127, 5–195. ISSN 0567-8250

DYLEVSKÝ, Ivan. Aponeurosis plantaris--ontogenic development. *Sborník lékařský*. 1991, 93(1–2), 6–10

DYLEVSKÝ, Ivan. Funkční anatomie. Vydání 1. Praha: Grada Publishing, 2009, s. 202. ISBN 978-80-247-3240-4

DYLEVSKÝ, Ivan. Anatomie dítěte: nipoanatomie 1. díl. Vydání 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2014. ISBN 978-80-01-05094-1

DYLEVSKÝ, Ivan. Anatomie dítěte: nipoanatomie 2. díl. Vydání 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2017. ISBN 978-80-01-06047-6

ELLEGAARD, Hanne R., Anders FUGLSANG-FREDERIKSEN, Alexander HESS, Birger JOHNSEN a Erisela QERAMA. High-resolution ultrasound in ulnar neuropathy at the elbow: A prospective study. *Muscle & Nerve* [online]. 2015, 52(5), 759–766. ISSN 1097-4598. Dostupné z: doi:10.1002/mus.24638

ERICKSON, Brandon J. a Anthony A. ROMEO. The Ulnar Collateral Ligament Injury: Evaluation and Treatment. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume* [online]. 2017, 99(1), 76–86. ISSN 1535-1386. Dostupné z: doi:10.2106/JBJS.16.01277

FINK, Alexandra, Marlijn TEGGELER, Marc SCHMITZ, Jaap JANSSEN a Martijn PISTERS. Reproducibility of Ultrasonographic Measurements of the Ulnar Nerve at the Cubital Tunnel. *Ultrasound in Medicine & Biology* [online]. 2017, 43(2), 439–444. ISSN 1879-291X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2016.09.022

FOLEY, Ryan, David FESSELL, Corrie YABLON, Jeffrey NADIG, Catherine BRANDON a Jon JACOBSON. Sonography of traumatic quadriceps tendon tears with surgical correlation. *Journal of Ultrasound in Medicine: Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine* [online]. 2015, 34(5), 805–810. ISSN 1550-9613. Dostupné z: doi:10.7863/ultra.34.5.805

FOWLER, John R., John P. GAUGHAN a Asif M. ILYAS. The sensitivity and specificity of ultrasound for the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a meta-analysis. *Clinical Orthopaedics and Related Research* [online]. 2011, 469(4), 1089–1094. ISSN 1528-1132. Dostupné z: doi:10.1007/s11999-010-1637-5

- FOWLER, John R., Mitchell G. MALTENFORT a Asif M. ILYAS. Ultrasound as a first-line test in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a cost-effectiveness analysis. *Clinical Orthopaedics and Related Research* [online]. 2013, 471(3), 932–937. ISSN 1528-1132. Dostupné z: doi:10.1007/s11999-012-2662-3
- FRIEDMAN, Michael V., Travis J. HILLEN, David V. HOLLAND, James M. ESSENBERG a Jennifer L. DEMERTZIS. Impact of Shoulder Sonography on Clinical Decision Making. *Journal of Ultrasound in Medicine: Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine* [online]. 2017, 36(7), 1365–1371. ISSN 1550-9613. Dostupné z: doi:10.7863/ultra.16.07013
- FU, Fengqin, Yan ZHANG, Yang SHU, Guoqing RUAN, Jianjun SUN, Julien S. BAKER a Yaodong GU. Lower limb mechanics during moderate high-heel jogging and running in different experienced wearers. *Human Movement Science* [online]. 2016, 48, 15–27. ISSN 1872-7646. Dostupné z: doi:10.1016/j.humov.2016.04.002
- GADALLA, N., M. KICHOUH, C. BOULET, F. MACHIELS, J. DE MEY a M. DE MAESENEER. Sonographic evaluation of the plantar fascia in asymptomatic subjects. *JBR-BTR: organe de la Societe royale belge de radiologie (SRBR) = orgaan van de Koninklijke Belgische Vereniging voor Radiologie (KBVR)*. 2014, 97(5), 271–273. ISSN 0302-7430
- GASPAROTTI, Roberto, Luca PADUA, Chiara BRIANI a Giuseppe LAURIA. New technologies for the assessment of neuropathies. *Nature Reviews. Neurology* [online]. 2017, 13(4), 203–216. ISSN 1759-4766. Dostupné z: doi:10.1038/nrneurol.2017.31
- GITTO, Salvatore, Anna Guja DRAGHI a Ferdinando DRAGHI. Sonography of Non-neoplastic Disorders of the Hand and Wrist Tendons. *Journal of Ultrasound in Medicine: Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine* [online]. Jul 14, 2017a. ISSN 1550-9613. Dostupné z: doi:10.1002/jum.14313
- GITTO, Salvatore, Carmelo MESSINA, Giovanni MAURI, Alberto ALIPRANDI, Francesco SARDANELLI a Luca Maria SCONFIENZA. Dynamic high-resolution ultrasound of intrinsic and extrinsic ligaments of the wrist: How to make it simple. *European Journal of Radiology* [online]. Feb 2017b, 87, 20–35. ISSN 1872-7727. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejrad.2016.12.002
- GODKIN, Owen, Prasad ELLANTI a Gary O'TOOLE. Large schwannoma of the sciatic nerve. *BMJ case reports* [online]. 2016, 2016. ISSN 1757-790X. Dostupné z: doi:10.1136/bcr-2016-217717
- GRANATA, Giuseppe, Roberto GASPAROTTI, Ilaria PAOLASSO, Carmen ERRA, Hiroshi TSUKAMOTO a Luca PADUA. US diagnosis of sciatic nerve tumor proximal to gluteal fold. *Neurological Sciences: Official Journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology* [online]. 2014, 35(10), 1627–1628. ISSN 1590-3478. Dostupné z: doi:10.1007/s10072-014-1811-8
- GRUBER, Leonhard, Alexander LOIZIDES a Hannes GRUBER. Does ulnar nerve dislocation at the elbow cause neuropathy: What do we learn? *Muscle & Nerve* [online]. 2016, 53(3), 493. ISSN 1097-4598. Dostupné z: doi:10.1002/mus.24924
- GUÉGUEN, N a J STEFAN. Men's Judgment and Behavior Toward Women Wearing High Heels. 2015, 25(5), 416–425.
- GUÉGUEN, Nicolas, Jordy STEFAN a Quentin RENAULT. Judgments toward women wearing high heels: a forced-choice evaluation. *Fashion and Textiles* [online]. 2016, 3(1), 6. ISSN 2198-0802. Dostupné z: doi:10.1186/s40691-016-0058-9
- HEALEY, Kevin a Katherine CHEN. Plantar Fasciitis: Current Diagnostic Modalities and Treatments. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery* [online]. 2010, 27(3), 369–380. ISSN 0891-8422, 1558-2302. Dostupné z: doi:10.1016/j.cpm.2010.03.002

HENDERSON, Rogan E. A., Bruce F. WALKER a Kenneth J. YOUNG. The accuracy of diagnostic ultrasound imaging for musculoskeletal soft tissue pathology of the extremities: a comprehensive review of the literature. *Chiropractic & Manual Therapies* [online]. 2015, 23, 31. ISSN 2045-709X. Dostupné z: doi:10.1186/s12998-015-0076-5

HLINOMAZOVÁ, Zuzana a I. HRAZDIRA. Alara - Principle and safety problems of diagnostic ultrasound. *Scripta Medica Facultatis Medicae Universitatis Brunensis Masarykianae*. 2005, 78(6), 341–346

HOBSON-WEBB, Lisa D., Janice M. MASSEY, Vern C. JUEL a Donald B. SANDERS. The ultrasonographic wrist-to-forearm median nerve area ratio in carpal tunnel syndrome. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* [online]. 2008, 119(6), 1353–1357. ISSN 1388-2457. Dostupné z: doi:10.1016/j.clinph.2008.01.101

HRAZDIRA, Ivo, Eva KOTULÁNOVÁ a Ivana PROCHÁZKOVÁ. Úvod do barevné duplexní ultrasonografie. Kuřim: Vydavatelství AF167, 1998

HRAZDIRA, Ivo. Harmonické zobrazení - nová modalita diagnostického ultrazvuku. *Masarykova univerzita* [online]. 1999 [vid. 2017-08-10]. Dostupné z: <https://www.muni.cz/vyzkum/publikace/222779>

HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vyd. Brno: Neptun, 2001. ISBN 80-902896-1-4

HRAZDIRA, Ivo a Zuzana HLINOMAZOVÁ. Biofyzikální podstata a klinický význam ultrasonografických artefaktů. *Masarykova univerzita*. 2004, 35, 27–32. ISSN 0301-5491

HRAZDIRA, Ivo a Zuzana HLINOMAZOVÁ. Úskalí současné ultrasonografie. *Česká radiologie: časopis Radiologické společnosti = Czech radiology*. 2006, 60(4), 223–227

HRAZDIRA, Ivo, Vojtěch MORNSTEIN a Jiřina ŠKORPÍKOVÁ. Diagnostické metody a přístroje. In: *Základy biofyziky a zdravotnické techniky*. 1. vyd. Brno: Neptun, 2006, s. 212–218

HRAZDIRA, Ivo. Úvod do ultrasonografie v otázkách a odpovědích při studiu lékařské fakulty [online]. B.m.: *Klinika zobrazovacích metod LF MU Fakultní nemocnice u Sv. Anny v Brně*. 2008. Dostupné z: http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/uvod_do_ultrasonografie1.pdf

HRAZDIRA, Ivo. Biofyzikální základy ultrasonografie. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2895-6

HRAZDIRA, Ivo. Ultrazvuková elastografie střížnými vlnami (Shear-Wave-Elastography). In: *Elastografie v medicíně-výhody a limity* [online]. Brno: Biofyzikální ústav LF MU, 2013 [vid. 2017-08-15]. Dostupné z: <http://www.med.muni.cz/biofyz/texty.htm>

HRAZDIRA, Luboš. Možnosti 3D ultrazvukového vyšetřování a prostorových rekonstrukcí pohybového aparátu [online]. B.m.: *Paido edice pedagogické literatury*, 2004 [vid. 2017-07-12]. ISBN 978-80-7315-070-9. Dostupné z: <https://is.muni.cz/publication/558437/cs>

HRAZDIRA, Luboš a Jarmila SKOTÁKOVÁ. 3D ultrasonography for examination of the musculoskeletal system. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Cechoslovaca*. 2006, 73(6), 414–420

HRAZDIRA, Luboš. Školení muskuloskeletální ultrasonografie. In: *FN Motol*. 16. červen 2017

HSIAO, Ming-Yen, Chueh-Hung WU, Chia-Wei LIN a Levent ÖZÇAKAR. Sonographic Diagnosis and Treatment of Posterior Paralabral Cyst in the Hip Joint. *Pain Medicine (Malden, Mass.)* [online]. 2017, 18(5), 994–995. ISSN 1526-4637. Dostupné z: doi:10.1093/pm/pnw258

JARRAYA, M, D HAYASHI, A GUERMAZI a B ROGER. Pathology of the Rectus Femoris. In: Muscle Injuries in Sport Athletes. 1. vyd. Cham: Springer, 2017, s. 261–283. ISBN 978-3-319-43342-4

JOHANNSEN, Finn, Signe JENSEN, Sandra E. STALLKNECHT, Lars Otto OLSEN a S. Peter MAGNUSSON. Sonographic measurements of the achilles tendon, plantar fascia, and heel fat pad are reliable: A test-retest intra- and intertester study. *Journal of clinical ultrasound: JCU* [online]. 2016, 44(8), 480–486. ISSN 1097-0096. Dostupné z: doi:10.1002/jcu.22365

KAMP, M. C. a J. M. J. UNEN. Appendicular Schwannoma Presenting as Acute Appendicitis. *Acta Chirurgica Belgica*. 2015, 115(4), 317–318. ISSN 0001-5458

KANE, David a Juhani KOSKI. Musculoskeletal interventional procedures: With or without imaging guidance? Best Practice & Research. *Clinical Rheumatology* [online]. 2016, 30(4), 736–750. ISSN 1532-1770. Dostupné z: doi:10.1016/j.berh.2016.09.012

KARA, Murat, Timur EKIZ, Gökhan Tuna ÖZTÜRK, Şule Şahin ONAT a Levent ÖZÇAKAR. Heterotopic Ossification and Peripheral Nerve Entrapment: Ultrasound is a Must-use Imaging Modality. *Pain Medicine (Malden, Mass.)* [online]. 2015, 16(8), 1643–1644. ISSN 1526-4637. Dostupné z: doi:10.1111/pme.12749

KARIA, S., S. PARASURAMAN, M. K. A. A. KHAN, I. ELAMVAZUTHI, N. DEBNATH a S. S. A. ALI. Plantar pressure distribution and gait stability: Normal VS high heel. In: 2016 2nd IEEE International Symposium on Robotics and Manufacturing Automation (ROMA): 2016 2nd IEEE International Symposium on Robotics and Manufacturing Automation (ROMA) [online]. 2016, s. 1–5. Dostupné z: doi:10.1109/ROMA.2016.7847822

KERRIGAN, D. C., M. K. TODD a P. O. RILEY. Knee osteoarthritis and high-heeled shoes. *Lancet (London, England)* [online]. 1998, 351(9113), 1399–1401. ISSN 0140-6736. Dostupné z: doi:10.1016/S0140-6736(97)11281-8

KILIC, Gamze, Erkan KILIC, Ozgur AKGUL a Salih OZGOCMEN. Ultrasonographic assessment of diurnal variation in the femoral condylar cartilage thickness in healthy young adults. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. 2015, 94(4), 297–303. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0000000000000179

KIM, Su Ji, Hee Jin PARK a So Yeon LEE. Usefulness of strain elastography of the musculoskeletal system. *Ultrasonography (Seoul, Korea)* [online]. 2016, 35(2), 104–109. ISSN 2288-5919. Dostupné z: doi:10.14366/usg.15072

KLAUSER, Andrea S., Ethan J. HALPERN, Tobias DE ZORDO, Gudrun M. FEUCHTNER, Rohit ARORA, Johann GRUBER, Carlo MARTINOLI a Wolfgang N. LÖSCHER. Carpal tunnel syndrome assessment with US: value of additional cross-sectional area measurements of the median nerve in patients versus healthy volunteers. *Radiology* [online]. 2009, 250(1), 171–177. ISSN 1527-1315. Dostupné z: doi:10.1148/radiol.2501080397

KLAUSER, Andrea S., Alberto TAGLIAFICO, Gina M. ALLEN, Natalie BOUTRY, Rob CAMPBELL, Michel COURT-PAYEN, Andrew GRAINGER, Henry GUERINI, Eugene MCNALLY, Philip J. O'CONNOR, Simon OSTLERE, Philippe PETROONS, Monique REIJNIERSE, Luca Maria SCONFENZA, Enzo SILVESTRI, David J. WILSON a Carlo MARTINOLI. Clinical indications for musculoskeletal ultrasound: a Delphi-based consensus paper of the European Society of Musculoskeletal Radiology. *European Radiology* [online]. 2012, 22(5), 1140–1148. ISSN 1432-1084. Dostupné z: doi:10.1007/s00330-011-2356-3

KRAUS, V. B., T. W. WORRELL, J. B. RENNER, R. E. COLEMAN a C. F. PIEPER. High prevalence of contralateral ankle abnormalities in association with knee osteoarthritis and malalignment. *Osteoarthritis and Cartilage* [online]. 2013, 21(11), 1693–1699. ISSN 1522-9653. Dostupné z: doi:10.1016/j.joca.2013.07.008

KULIG, Kornelia, Yu Jen CHANG, Slawomir WINIARSKI a Gregory R. BASHFORD. Ultrasound-Based Tendon Micromorphology Predicts Mechanical Characteristics of Degenerated Tendons. *Ultrasound in Medicine and Biology* [online]. 2016, 42(3), 664–673. ISSN 0301-5629. Dostupné z: doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2015.11.013

KURČA, E., V. NOSAL, M. GROFIK, S. SIVAK, M. TURCANOVA-KOPRUSAKOVA a P. KUCERA. Single parameter wrist ultrasonography as a first-line screening examination in suspected carpal tunnel syndrome patients. *Bratislavske Lekarske Listy*. 2008, 109(4), 177–179. ISSN 0006-9248

LAGE-HANSEN, Philip Rask, Hanne LINDEGAARD, Stavros CHRYSIDIS a Lene TERSLEV. The role of ultrasound in diagnosing rheumatoid arthritis, what do we know? An updated review. *Rheumatology International* [online]. 2017, 37(2), 179–187. ISSN 1437-160X. Dostupné z: doi:10.1007/s00296-016-3587-z

LEE, Soul, Lin WANG a Jing Xian LI. Effect of Asymmetrical Load Carrying on Joint Kinetics of the Lower Extremity During Walking in High-Heeled Shoes in Young Women. *Journal of the American Podiatric Medical Association* [online]. 2016, 106(4), 257–264. ISSN 1930-8264. Dostupné z: doi:10.7547/15-005

LIM, A. K. P., K. SATCHITHANANDA, E. A. DICK, S. ABRAHAM a D. O. COSGROVE, 2017. Microflow imaging: New Doppler technology to detect low-grade inflammation in patients with arthritis. *European Radiology* [online]. ISSN 1432-1084. Dostupné z: doi:10.1007/s00330-017-5016-4

LU, Darren a Hisham TCHELEPI. Ultrasound Fusion: Role in Interventional Musculoskeletal Radiology. *Ultrasound Quarterly* [online]. 2015, 31(3), 219–220. ISSN 1536-0253. Dostupné z: doi:10.1097/RUQ.0000000000000150

LUTTERBACH-PENNA, Ricardo Augusto, Monica KALUME-BRIGIDO, Yoav MORAG, Tracy BOON, Jon Arthur JACOBSON a David Paul FESSELL. Ultrasound of the thigh: focal, compartmental, or comprehensive examination? *AJR. American journal of roentgenology* [online]. 2014, 203(5), 1085–1092. ISSN 1546-3141. Dostupné z: doi:10.2214/AJR.13.12286

MAHAJAN, Vrushali, Seema RAO, Pallav GUPTA, Manish MUNJAL a Sangeet AGRAWAL. Angiosarcoma Developing in a Vagal Schwannoma: A Rare Case Report. *Head and Neck Pathology* [online]. 2015, 9(3), 405–411. ISSN 1936-0568. Dostupné z: doi:10.1007/s12105-014-0577-x

MANKIN, H. J. a K. P. MANKIN. Schwannoma: a rare benign tumor of soft tissues. *Musculoskeletal Surgery* [online]. 2014, 98(2), 95–99. ISSN 2035-5114. Dostupné z: doi:10.1007/s12306-014-0333-0

MARKECHOVÁ, Dagmar, Beáta STEHLÍKOVÁ a Anna TIRPÁKOVÁ, 2011. Štatistické metódy a ich aplikácie. B.m.: UKF Nitra. ISBN 978-80-8094-807-8

MARTÍNEZ-MESA, Jeovany, David Alejandro GONZÁLEZ-CHICA, João Luiz BASTOS, Renan Rangel BONAMIGO a Rodrigo Pereira DUQUILA, 2014. Sample size: how many participants do I need in my research? *Anais Brasileiros De Dermatologia*. 89(4), 609–615. ISSN 1806-4841

MATHEVON, Laure, F. MICHEL, S. AUBRY, R. TESTA, T. LAPOLE, L. F. ARNAUDEAU, B. FERNANDEZ, B. PARRATTE a P. CALMELS. Two-dimensional and shear wave elastography ultrasound: A reliable method to analyse spastic muscles? *Muscle & Nerve* [online]. 2017. ISSN 1097-4598. Dostupné z: doi:10.1002/mus.25716

MCNALLY, Eugene. *Practical Musculoskeletal Ultrasound*, 2nd Edition. 2014. ISBN: 9780702034770

MENZ, Hylton B., Edward RODDY, Michelle MARSHALL, Martin J. THOMAS, Trishna RATHOD, George M. PEAT a Peter R. CROFT. Epidemiology of Shoe Wearing Patterns Over Time in Older Women: Associations With Foot Pain and Hallux Valgus. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* [online]. 2016, 71(12), 1682–1687. ISSN 1758-535X. Dostupné z: doi:10.1093/gerona/glw004

MIGUEZ, D., E. F. HODSON-TOLE, I. LORAM a P. J. HARDING. A technical note on variable inter-frame interval as a cause of non-physiological experimental artefacts in ultrasound. *Royal Society Open Science* [online]. 2017, 4(5), 170245. ISSN 2054-5703. Dostupné z: doi:10.1098/rsos.170245

MIKA, Anna, Łukasz OLEKSY, Renata KIELNAR a Marta ŚWIERCZEK. The influence of high- and low-heeled shoes on balance in young women. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2016, 18(3), 97–103. ISSN 1509-409X

MÖLLER, Ingrid, Iustina JANTA, Marina BACKHAUS, Sarah OHRNDORF, David A. BONG, Carlo MARTINOLI, Emilio FILIPPUCI, Luca Maria SCONFENZA, Lene TERSLEV, Nemanja DAMJANOV, Hilde Berner HAMMER, Iwona SUDOL-SZOPINSKA, Walter GRASSI, Peter BALINT, George A. W. BRUYN, Maria Antonietta D'AGOSTINO, Diana HOLLANDER, Heidi J. SIDDLE, Gabriela SUPP, Wolfgang A. SCHMIDT, Annamaria IAGNOCCO, Juhani KOSKI, David KANE, Daniela FODOR, Alessandra BRUNS, Peter MANDL, Gurjit S. KAELEY, Mihaela MICU, Carmen HO, Violeta VLAD, Mario CHÁVEZ-LÓPEZ, Georgios FILIPPOU, Carmen Elena CERÓN, Rodina NESTOROVA, Maritza QUINTERO, Richard WAKEFIELD, Loreto CARMONA a Esperanza NAREDO. The 2017 EULAR standardised procedures for ultrasound imaging in rheumatology. *Annals of the Rheumatic Diseases* [online]. 2017. ISSN 1468-2060. Dostupné z: doi:10.1136/annrheumdis-2017-211585

MOORE, Justin Xavier, Brice LAMBERT, Gabrielle P. JENKINS a Gerald MCGWIN. Epidemiology of High-Heel Shoe Injuries in U.S. Women: 2002 to 2012. *The Journal of Foot and Ankle Surgery: Official Publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons* [online]. 2015, 54(4), 615–619. ISSN 1542-2224. Dostupné z: doi:10.1053/j.jfas.2015.04.008

MOTA, S. J., F. M. PEREIRA DA SILVA, M. GIL-PEREIRA, Henrique DONATO, P. DONATO a F. CASEIRO-ALVES. Peripheral nerve ultrasound – anatomy and technique for diagnosis and procedures [online]. 2014 [vid. 2017-08-09]. Dostupné z: <http://rihuc.huc.min-saude.pt/handle/10400.4/1669>

NAREDO, E., C. ACEBES, I. MÖLLER, F. CANILLAS, J. J. DE AGUSTÍN, E. DE MIGUEL, E. FILIPPUCI, A. IAGNOCCO, C. MORAGUES, R. TUNEU, J. USON, J. GARRIDO, E. DELGADO-BAEZA a I. SÁENZ-NAVARRO. Ultrasound validity in the measurement of knee cartilage thickness. *Annals of the Rheumatic Diseases* [online]. 2009, 68(8), 1322–1327. ISSN 1468-2060. Dostupné z: doi:10.1136/ard.2008.090738

NAVRÁTIL, Leoš., Jiří ŠKOPEK, Hana HRONKOVÁ, Jaroslava KYMPLOVÁ a Jiří KNÍŽEK, 2001. Comparison of the analgesic effect of iřultrasound and low level laser therapy in patients suffering from plantar fasciitis (calcar calcanei). *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* [online]. 4606, 114–121. Dostupné z: doi:10.1117/12.446705

NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA. Ultrazvukové zobrazovací metody. In: *Medicínská biofyzika*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2005, s. 391. ISBN 978-80-247-1152-2

NWAWKA, O. Kenechi. Update in Musculoskeletal Ultrasound Research. *Sports Health* [online]. 2016, 8(5), 429–437. ISSN 1941-0921. Dostupné z: doi:10.1177/1941738116664326

OMEJEC, Gregor a Simon PODNAR. Precise localization of ulnar neuropathy at the elbow. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* [online]. 2015, 126(12), 2390–2396. ISSN 1872-8952. Dostupné z: doi:10.1016/j.clinph.2015.01.023

OO, Win M., James M. LINKLATER a David J. HUNTER. Imaging in knee osteoarthritis. *Current Opinion in Rheumatology* [online]. 2017, 29(1), 86–95. ISSN 1531-6963. Dostupné z: doi:10.1097/BOR.0000000000000350

ORCHARD, John. Plantar fasciitis. *BMJ (Clinical research ed.)*. 2012, 345, e6603. ISSN 1756-1833

- ORMAN, Gunes, Serkan OZBEN, Nergiz HUSEYINOGLU, Mahmut DUYMUS a Keziban Gunce ORMAN. Ultrasound elastographic evaluation in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: initial findings. *Ultrasound in Medicine & Biology* [online]. 2013, 39(7), 1184–1189. ISSN 1879-291X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2013.02.016[166]
- OSMA-RUEDA, José L. a Julián AMAYA-MUJICA. Entrapment of the ulnar nerve in cubital tunnel by free intra-articular body—a case report. *JSES Open Access* [online]. 2017. ISSN 2468-6026. Dostupné z: doi:10.1016/j.jses.2017.04.002
- OZÇAKAR, Levent, Fevziye Unsal MALAS, Gamze KARA, Bayram KAYMAK a Zafer HASÇELİK. Musculoskeletal sonography use in physiatry: a single-center one-year analysis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. 2010, 89(5), 385–389. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0b013e3181d89e63
- ÖZÇAKAR, Levent, Murat KARA, Ke-Vin CHANG, Alparslan Bayram ÇARL, Nuray AKKAYA, Fatih TOK, Wen-Shiang CHEN, Tyng-Guey WANG, Levent TEKIN, Alper Murat ULAŞL, Carl P. C. CHEN, Erhan ÇAPKN a Martine DE MUYNCK. Nineteen reasons why physiatrists should do musculoskeletal ultrasound: EURO-MUSCULUS/USPRM recommendations. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. Jun 2015a, 94(6), e45-49. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0000000000000223
- ÖZÇAKAR, L., M. KARA, T. G. WANG a M. DE MUYNCK. EURO-MUSCULUS/USPRM Basic Scanning Protocols: a practical guide for physiatrists. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. Aug 2015b, 51(4), 477–478. ISSN 1973-9095.
- ÖZÇAKAR L, Kara M, Chang KV, Hung CY, Tekin L, Ulaşlı AM, et al. EURO-MUSCULUS/USPRM Basic Scanning Protocols for elbow. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2015c Aug;51(4):485–9.
- ÖZÇAKAR L, Kara M, Chang KV, Ulaşlı AM, Hung CY, Tekin L, et al. EURO-MUSCULUS/USPRM Basic Scanning Protocols for wrist and hand. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2015d Aug;51(4):479–84.
- ÖZÇAKAR L, Kara M, Chang KV, Bayram Çarli A, Hung CY, Tok F, et al. EURO-MUSCULUS/USPRM. Basic Scanning Protocols for Ankle and foot. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2015e Oct;51(5):647–53.
- ÖZÇAKAR L, Kara M, Chang KV, Tok F, Hung CY, Akkaya N, et al. EURO-MUSCULUS/USPRM. Basic scanning protocols for knee. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2015f Oct;51(5):641–6.
- ÖZÇAKAR, Levent, Murat KARA, Şule Şahin ONAT a Eda GÜRÇAY. Don't Touch my Bone and Don't Run into my Nerve. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. 2016, 95(8), e125-126. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0000000000000493
- OSTERTAGOVÁ, Eva, 2011. Aplikácia Pearsonovho testu dobrej zhody v technickej praxi. 267–268. ISSN 1337-7094
- PALUCH, Łukasz, Ewa NAWROCKA-LASKUS, Janusz WIECZOREK, Bartosz MRUK, Małgorzata FREL a Jerzy WALECKI. Use of Ultrasound Elastography in the Assessment of the Musculoskeletal System. *Polish Journal of Radiology* [online]. 2016, 81, 240–246. ISSN 1733-134X. Dostupné z: doi:10.12659/PJR.896099
- PEDRO, Maria Teresa, Gregor ANTONIADIS, Angelika SCHEUERLE, Mirko PHAM, Christian Rainer WIRTZ a Ralph W. KOENIG. Intraoperative high-resolution ultrasound and contrast-enhanced ultrasound of peripheral nerve tumors and tumorlike lesions. *Neurosurgical Focus* [online]. 2015, 39(3), E5. ISSN 1092-0684. Dostupné z: doi:10.3171/2015.6.FOCUS15218

PERFITT, Joel S., Michael J. PETRIE, Chris M. BLUNDELL a Mark B. DAVIES. Acute quadriceps tendon rupture: a pragmatic approach to diagnostic imaging. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology: Orthopedie Traumatologie* [online]. 2014, 24(7), 1237–1241. ISSN 1633-8065. Dostupné z: doi:10.1007/s00590-013-1307-x

PETRÁŠOVÁ, Hana a Jakub FOUKAL. Ultrazvukový navigační systém – fúze UZ a CT vyšetření – zkušenosti pracoviště FN Brno. *Česká radiologie* [online]. 2016, (4) [vid. 2017-08-11]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: <https://is.muni.cz/publication/1365061>

PIERUCCI, A., P. TEIXEIRA, V. ZIMMERMANN, F. SIRVEAUX, M. RIOS, J.-L. VERHAEGUE a A. BLUM. Tumours and pseudotumours of the soft tissue in adults: perspectives and current role of sonography. *Diagnostic and Interventional Imaging* [online]. 2013, 94(3), 238–254. ISSN 2211-5684. Dostupné z: doi:10.1016/j.diii.2012.10.018

PISAPIA, Jared M., Zarina S. ALI, Eric D. HUDGINS, Viviane KHOURY, Gregory G. HEUER a Eric L. ZAGER. Ultrasonography Detects Ulnar Nerve Dislocation Despite Normal Electrophysiology and Magnetic Resonance Imaging. *World Neurosurgery* [online]. 2017, 99, 809.e1-809.e5. ISSN 1878-8769. Dostupné z: doi:10.1016/j.wneu.2017.01.007

PODNAR, Simon a Gregor OMEJEC. Why do local corticosteroid injections work in carpal tunnel syndrome, but not in ulnar neuropathy at the elbow? *Muscle & Nerve* [online]. 2016, 53(4), 662–663. ISSN 1097-4598. Dostupné z: doi:10.1002/mus.24956

PODNAR, Simon, Gregor OMEJEC a Marko BODOR. Nerve conduction velocity and cross-sectional area in ulnar neuropathy at the elbow. *Muscle & Nerve* [online]. 2017. ISSN 1097-4598. Dostupné z: doi:10.1002/mus.25655

POMPE, Sander M. a Roy BEEKMAN. Which ultrasonographic measure has the upper hand in ulnar neuropathy at the elbow? *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* [online]. 2013, 124(1), 190–196. ISSN 1872-8952. Dostupné z: doi:10.1016/j.clinph.2012.05.030

QRIMLI, Mohammad, Hamid EBADI, Ari BREINER, Hafsah SIDDIQUI, Majed ALABDALI, Alon ABRAHAM, Leif E. LOVBLOM, Bruce A. PERKINS a Vera BRIL. Reference values for ultrasonography of peripheral nerves. *Muscle & Nerve* [online]. 2016, 53(4), 538–544. ISSN 1097-4598. Dostupné z: doi:10.1002/mus.24888

RADZIMSKI, Andy Oliver, Annegret MÜNDERMANN a Gisela SOLE. Effect of footwear on the external knee adduction moment - A systematic review. *The Knee* [online]. 2012, 19(3), 163–175. ISSN 1873-5800. Dostupné z: doi:10.1016/j.knee.2011.05.013

RAND, Ethan, Rachel WELBEL a Christopher J. VISCO. Fundamental Considerations for Ultrasound-Guided Musculoskeletal Interventions. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* [online]. 2016, 27(3), 539–553. ISSN 1558-1381. Dostupné z: doi:10.1016/j.pmr.2016.04.012

REZAEI, Hamed, Søren TORP-PEDERSEN, Erik AF KLINT, Magnus BACKHEDEN, Yogan KISTEN, Noémi GYÖRI a Ronald F. VAN VOLLENHOVEN. Diagnostic utility of musculoskeletal ultrasound in patients with suspected arthritis--a probabilistic approach. *Arthritis Research & Therapy* [online]. 2014, 16(5), 448. ISSN 1478-6362. Dostupné z: doi:10.1186/s13075-014-0448-6

RÍOS-DÍAZ, José, Jacinto J. MARTÍNEZ-PAYÁ, María Elena DEL BAÑO-ALEDO, Ana DE GROOT-FERRANDO, Paloma BOTÍA-CASTILLO a David FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ. Sonoelastography of Plantar Fascia: Reproducibility and Pattern Description in Healthy Subjects and Symptomatic Subjects. *Ultrasound in Medicine & Biology* [online]. 2015, 41(10), 2605–2613. ISSN 1879-291X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2015.05.024

ROLENC, K. Ultrasound evaluation of the wrist. *Lbín: Osobní sdělení*. 16. červen 2017

ROODT, Tania, Barbara VAN DYK a Sylvia JACOBS. Ultrasound diagnosis of ulnar nerve entrapment by confirming baseline cross-sectional area measurement for normal and abnormal nerves. 2015, 9(1), 1–7. ISSN 1027-202X

ROSARIO, Mamer S., Norio YAMAMOTO, Katsuhiko HAYASHI, Akihiko TAKEUCHI, Shinji MIWA, Hiroyuki INATANI, Takashi HIGUCHI a Hiroyuki TSUCHIYA. A case of infected schwannoma mimicking malignant tumor. World Journal of Surgical Oncology [online]. 2016, 14(1), 302. ISSN 1477-7819. Dostupné z: doi:10.1186/s12957-016-1058-3

ROSINA, Jozef, J VRÁNOVÁ, H KOLÁŘOVÁ a J STANĚK. Ultrazvuk (UZ). In: Biofyzika pro zdravotnické a biomedicínské obory. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2013, s. 81–91.

RYU, JeongAh a Woo Kyoung JEONG. Current status of musculoskeletal application of shear wave elastography. Ultrasonography (Seoul, Korea) [online]. 2017, 36(3), 185–197. ISSN 2288-5919. Dostupné z: doi:10.14366/usg.16053

SAARAKKALA, S., P. WARIS, V. WARIS, I. TARKIAINEN, E. KARVANEN, J. AARNIO a J. M. KOSKI. Diagnostic performance of knee ultrasonography for detecting degenerative changes of articular cartilage. Osteoarthritis and Cartilage [online]. 2012, 20(5), 376–381. ISSN 1522-9653. Dostupné z: doi:10.1016/j.joca.2012.01.016

SANAL, Hatice Tuba. Siatic nerve: beyond the sacral foramen. Diagnostic and Interventional Radiology (Ankara, Turkey) [online]. 2016, 22(6), 574–579. ISSN 1305-3612. Dostupné z: doi:10.5152/dir.2016.16068

SATO, Junko, Yoshinori ISHII a Hideo NOGUCHI. Diagnostic Performance of the Extensor Carpi Ulnaris (ECU) Synergy Test to Detect Sonographic ECU Abnormalities in Chronic Dorsal Ulnar-Sided Wrist Pain. Journal of Ultrasound in Medicine: Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine [online]. 2016, 35(1), 7–14. ISSN 1550-9613. Dostupné z: doi:10.7863/ultra.15.01055

SCHNEIDER-KOLSKY, Michal E., Zohel AYOBİ, Paul LOMBARDO, Damian BROWN, Ben KEDANG a Marie E. GIBBS. Ultrasound exposure of the foetal chick brain: effects on learning and memory. International Journal of Developmental Neuroscience: The Official Journal of the International Society for Developmental Neuroscience [online]. 2009, 27(7), 677–683. ISSN 1873-474X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijdevneu.2009.07.007

SCOTT, Jessica M., David S. MARTIN, Robert PLOUTZ-SNYDER, Timothy MATZ, Timothy CAINE, Meghan DOWNS, Kyle HACKNEY, Roxanne BUXTON, Jeffrey W. RYDER a Lori PLOUTZ-SNYDER. Panoramic ultrasound: a novel and valid tool for monitoring change in muscle mass. Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle [online]. 2017, 8(3), 475–481. ISSN 2190-6009. Dostupné z: doi:10.1002/jcsm.12172

SEAGGER, R., T. BUNKER a P. HAMER. Surgeon-operated ultrasonography in a one-stop shoulder clinic. Annals of the Royal College of Surgeons of England [online]. 2011, 93(7), 528–531. ISSN 1478-7083. Dostupné z: doi:10.1308/147870811X13137608454939

SHARPE, Richard E., Levon N. NAZARIAN, Laurence PARKER, Vijay M. RAO a David C. LEVIN. Dramatically increased musculoskeletal ultrasound utilization from 2000 to 2009, especially by podiatrists in private offices. Journal of the American College of Radiology: JACR [online]. 2012, 9(2), 141–146. ISSN 1558-349X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jacr.2011.09.008

SHEN, Juan a Xuming HE, 2014. Generalized F test and generalized deviance test in two-way ANOVA models for randomized trials. Journal of Biopharmaceutical Statistics [online]. 24(3), 523–534. ISSN 1520-5711. Dostupné z: doi:10.1080/10543406.2014.888435

SIGRIST, Rosa M. S., Joy LIAU, Ahmed El KAFFAS, Maria Cristina CHAMMAS a Juergen K. WILLMANN. Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications. *Theranostics* [online]. 2017, 7(5), 1303–1329. ISSN 1838-7640. Dostupné z: doi:10.7150/thno.18650

ŠIMONOVSKÝ, V. Peripheral nerve schwannoma preoperatively diagnosed by sonography: report of three cases and discussion. *European Journal of Radiology*. 1997, 25(1), 47–51. ISSN 0720-048X

SMITH, Jay, Steve J. WISNIEWSKI, Jonathan T. FINNOFF a Jeffrey M. PAYNE. Sonographically guided carpal tunnel injections: the ulnar approach. *Journal of Ultrasound in Medicine: Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*. 2008, 27(10), 1485–1490. ISSN 1550-9613

STÉPHANIE, S a N WAKAP. Rare Diseases collection. Prevalence, incidence or reported number of published cases listed in alphabetical order of disease [online]. B.m.: Orphanet Report Series,. 2017. Dostupné z: http://www.orpha.net/consor/cgi-bin/Education_Home.php?lng=EN#REPORT_RARE_DISEASES

SUDOŁ-SZOPÍŃSKA, Iwona, Claudia SCHUELLER-WEIDEKAMM, Athena PLAGOU a James TEH. Ultrasound in Arthritis. *Radiologic Clinics of North America* [online]. 2017, 55(5), 985–996. ISSN 1557-8275. Dostupné z: doi:10.1016/j.rcl.2017.04.005

TAKASE-MINEGISHI, Kaoru, Nobuyuki HORITA, Kouji KOBAYASHI, Ryusuke YOSHIMI, Yohei KIRINO, Shigeru OHNO, Takeshi KANEKO, Hideaki NAKAJIMA, Richard J. WAKEFIELD a Paul EMERY. Diagnostic test accuracy of ultrasound for synovitis in rheumatoid arthritis: systematic review and meta-analysis. *Rheumatology (Oxford, England)* [online]. 2017. ISSN 1462-0332. Dostupné z: doi:10.1093/rheumatology/kex036

TALJANOVIC, Mihra S., Lana H. GIMBER, Giles W. BECKER, L. Daniel LATT, Andrea S. KLAUSER, David M. MELVILLE, Liang GAO a Russell S. WITTE. Shear-Wave Elastography: Basic Physics and Musculoskeletal Applications. *Radiographics: A Review Publication of the Radiological Society of North America, Inc* [online]. 2017, 37(3), 855–870. ISSN 1527-1323. Dostupné z: doi:10.1148/rg.2017160116

TĀMAŞ, Maria-Magdalena, Emilio FILIPPUCCI, Andrea BECCIOLINI, Marwin GUTIERREZ, Luca DI GESO, Karina BONFIGLIOLI, Paraskevi V. VOULGARI, Fausto SALAFFI a Walter GRASSI. Bone erosions in rheumatoid arthritis: ultrasound findings in the early stage of the disease. *Rheumatology (Oxford, England)* [online]. 2014, 53(6), 1100–1107. ISSN 1462-0332. Dostupné z: doi:10.1093/rheumatology/ket484

TRUSZCZYŃSKA, A, Z TRZASKOMA, Z STYPIŃSKA, J DRZAŁ-GRABIEC a T TARNOWSKI. Is static balance affected by using shoes of different height? 2016, 8, 137–144

ULAŞLI, Alper Murat, Murat KARA a Levent ÖZÇAKAR. Publications of physical and rehabilitation medicine physicians concerning musculoskeletal ultrasonography: an overview. *Journal of Rehabilitation Medicine* [online]. 2011, 43(8), 681–683. ISSN 1651-2081. Dostupné z: doi:10.2340/16501977-0834

USTÜN, Nilgün, Fatih TOK, Abdullah Erman YAGZ, Nurhan KIZIL, Inan KORKMAZ, Sinem KARAZINCIR, Esra OKUYUCU a Ayse Dicle TURHANOGU. Ultrasound-guided vs. blind steroid injections in carpal tunnel syndrome: A single-blind randomized prospective study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. 2013, 92(11), 999–1004. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0b013e31829b4d72

ÚZIS (Jiří Jarkovský). Sdělení korespondenční formou dne 14.8. 2017. Praha.

VAN VEEN, Kiril E. B., Michel WESSTEIN a Viviane VAN KASTEEL. Ultrasonography and electrodiagnostic studies in ulnar neuropathy: an examination of the sensitivity and specificity and the correlations between both diagnostic tools. *Journal of Clinical Neurophysiology: Official Publication of the American Electroencephalographic Society* [online]. 2015, 32(3), 240–243. ISSN 1537-1603. Dostupné z: doi:10.1097/WNP.0000000000000148

VISSER, Leo H., Quang NGO, Sascha J. M. GROENEWEG a Geert BREKELMANS. Long term effect of local corticosteroid injection for carpal tunnel syndrome: a relation with electrodiagnostic severity. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* [online]. 2012, 123(4), 838–841. ISSN 1872-8952. Dostupné z: doi:10.1016/j.clinph.2011.08.022

VON ELM, Erik, Douglas G. ALTMAN, Matthias EGGER, Stuart J. POCKOCK, Peter C. GÖTZSCHE, Jan P. VANDENBROUCKE a STROBE INITIATIVE. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) Statement: guidelines for reporting observational studies. *International Journal of Surgery (London, England)* [online]. 2014, 12(12), 1495–1499. ISSN 1743-9159. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijssu.2014.07.013

WALKER, F a MS CARTWRIGHT. *Neuromuscular Ultrasound*. 1. vyd. B.m.: Elsevier Health Sciences, 2011. ISBN 978-1-4377-1527-9

Warning sounded over commercial ultrasound in pregnancy. *Lancet (London, England)* [online]. 2015, 385(9962), 2. ISSN 1474-547X. Dostupné z: doi:10.1016/S0140-6736(14)62464-8

WEBER, Martin, Beat KNECHTLE, Bruno LUTZ, Gordian STUTZ a Patrick BAUMANN. Nonoperative treatment of a complete distal rectus femoris muscle tear. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine* [online]. 2010, 20(6), 493–494. ISSN 1536-3724. Dostupné z: doi:10.1097/JSM.0b013e3181fb5385

WINN, Naomi, Radhesh LALAM a Victor CASSAR-PULLICINO. Sonoelastography in the musculoskeletal system: Current role and future directions. *World Journal of Radiology* [online]. 2016, 8(11), 868–879. ISSN 1949-8470. Dostupné z: doi:10.4329/wjr.v8.i11.868

WOO, Sungmin, Chong Hyun SUH, Sang Youn KIM, Jeong Yeon CHO a Seung Hyup KIM. Shear-Wave Elastography for Detection of Prostate Cancer: A Systematic Review and Diagnostic Meta-Analysis. *AJR. American journal of roentgenology* [online]. 2017, 1–9. ISSN 1546-3141. Dostupné z: doi:10.2214/AJR.17.18056

WU, Size, Guangqing LIU a Rong TU. Value of ultrasonography in neurilemmoma diagnosis: the role of round shape morphology. *Medical Ultrasonography*. 2012, 14(3), 192–196. ISSN 2066-8643

YANG, Fan, Xian-Xiang CHEN, Huo-Lin WU, Ji-Fa ZHU, Yuan CHEN, Ling-Fang YU a Xiao-Juan HUANG. Sonographic Features and Diagnosis of Peripheral Schwannomas. *Journal of clinical ultrasound: JCU* [online]. 2017, 45(3), 127–133. ISSN 1097-0096. Dostupné z: doi:10.1002/jcu.22438

YIN, Chun-Ming, Xiao-Hua PAN, Yu-Xin SUN a Zhi-Bin CHEN. Effects of duration of wearing high-heeled shoes on plantar pressure. *Human Movement Science* [online]. 2016, 49, 196–205. ISSN 0167-9457. Dostupné z: doi:10.1016/j.humov.2016.06.005

YU, Jia, Duo Wai-Chi WONG, Hongtao ZHANG, Zong-Ping LUO a Ming ZHANG. The influence of high-heeled shoes on strain and tension force of the anterior talofibular ligament and plantar fascia during balanced standing and walking. *Medical Engineering & Physics* [online]. 2016, 38(10), 1152–1156. ISSN 1873-4030. Dostupné z: doi:10.1016/j.medengphy.2016.07.009

ZHANG, Haixian, Yiming LI, Jie SHAO, Weimin CHEN a Yi WANG. High-Resolution Ultrasound of Schwannomas of the Limbs: Analysis of 72 Cases. *Ultrasound in Medicine & Biology* [online]. 2016, 42(11), 2538–2544. ISSN 1879-291X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2016.06.006

ZÖLLNER, Alexander M., Jacquelynn M. POK, Emily J. MCWALTER, Garry E. GOLD a Ellen KÜHL. On high heels and short muscles: a multiscale model for sarcomere loss in the gastrocnemius muscle. *Journal of Theoretical Biology* [online]. 2015, 365, 301–310. ISSN 1095-8541. Dostupné z: doi:10.1016/j.jtbi.2014.10.036

Rozšířený seznam použité literatury je k dispozici u autora.

10. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázky

Všechny obrazové materiály pocházející z internetových zdrojů byly získány v období od 1. ledna 2017 do 6. prosince 2017.

1. Portrét Christiana Andree Dopplera. Zdroj: obrazový materiál čerpaný z webových stránek <https://www.tuwien.ac.at/>.
2. Longitudinální sonogram ventrální strany kyčelního kloubu použitím funkce Virtual Convex. Zdroj: obrázek autora.
3. Smartphone ultrasound scanner. Zdroj: *The Veterinary Record* [online]. 2016, 179(21), 551. ISSN 2042-7670. Dostupné z: doi:10.1136/vr.i6350.
4. Interakce ultrazvukové vlny s prostředím. Zdroj: obrázek autora (volně podle Hrazdira I., 2011).
5. Axiální sonogram normální dlouhé hlavy bicepsu v sulcus bicipitalis. Zdroj: obrázek autora.
6. Longitudinální sonogram normální dlouhé hlavy bicepsu v sulcus bicipitalis. Zdroj: obrázek autora.
7. Poměr četností jednotlivých tkání vyšetřovaných MSK US. Zdroj: graf autora (volně podle Akkaya N. et al., 2013).
8. Poměr četností jednotlivých krajin vyšetřovaných MSK US. Zdroj: graf autora (volně podle Akkaya N. et al., 2013).
9. Poloha při „klasickém“ US vyšetření n. ulnaris. Zdroj: obrázek autora.
10. „Klasický“ dynamický test s flexí lokte k posouzení stability n. ulnaris. Zdroj: obrázek autora.
11. Modifikovaná poloha při vyšetření ventrální strany lokte. Zdroj: obrázek autora.
12. Modifikovaná poloha při vyšetření laterální a dorzální strany lokte. Zdroj: obrázek autora.

13. Modifikovaná poloha při statickém a dynamickém vyšetření mediální strany lokte. Zdroj: obrázek autora.
14. Axiální sonogram levého zápěstí u pacienta se syndromem karpálního tunelu. Zdroj: obrázek autora (volně podle McNally E., 2014).
15. Schéma obou diskutovaných variant obstrukce karpálního tunelu. Zdroj: obrázek autora (volně podle McNally E., 2014).
16. Screenshot z programu MS Excel (funkce NORM.DIST). Zdroj: obrázek autora.
17. Diagram závislosti síly testu na velikosti vzorku pro korelaci a t-test. Zdroj: graf autora.
18. Ultrasonografický přístroj Samsung UGeo HM70A. Zdroj: obrázek autora.
19. Lineární a konvexní sonda. Zdroj: obrázek autora.
20. Axiální sonogram distální femorální chrupavky v místech měření. Zdroj: obrázek autora.
21. Axiální sonogram Achillovy šlachy. Přerušovaná linie-předozadní rozměr Achillovy šlachy. Zdroj: obrázek autora.
22. Longitudinální sonogram plantární fascie. Přerušovaná linie – šířka plantární fascie. Zdroj: obrázek autora.
23. Sloupkový graf (distribuce hodnot BMI v exponované skupině). Zdroj: graf autora.
24. Sloupkový graf (distribuce hodnot BMI v kontrolní skupině). Zdroj: graf autora.
25. Sloupkový graf (srovnání středních hodnot šířky chrupavky distální epifýzy pravého a levého femuru v úrovni mediálního femorálního kondylu v exponované a kontrolní skupině). Zdroj: graf autora.
26. Sloupkový graf (srovnání středních hodnot šířky chrupavky distální epifýzy pravého a levého femuru v úrovni interkondylické arey v exponované a kontrolní skupině). Zdroj: graf autora.
27. Sloupkový graf (srovnání středních hodnot šířky chrupavky distální epifýzy pravého a levého femuru v úrovni laterálního femorálního kondylu v exponované a kontrolní skupině). Zdroj: graf autora.
28. Sloupkový graf (srovnání středních hodnot šířky pravé a levé Achillovy šlachy v exponované a kontrolní skupině). Zdroj: graf autora.
29. Sloupkový graf (srovnání středních hodnot šířky pravé a levé plantární fascie v exponované a kontrolní skupině). Zdroj: graf autora.
30. Anatomické členění chodidla. Zdroj: obrázek autora (volně podle Karia S. et al., 2016).

31. Longitudinální sonogram plantární fascie za normálních podmínek a při plantární fasciitidě. Zdroj: obrázek autora.
32. Axiální sonogram distální epifyzy femuru při maximální flexi kolenního kloubu. Zdroj: obrázek autora.
33. Axiální sonogram, MRI a peroperační nález schwannomu n. ischiadicus. Zdroj: obrázek autora.
34. Longitudinální sonogram ruptury m. rectus femoris s použitím funkce Panoramic Imaging. Zdroj: obrázek autora.
35. Fotografie defigurovaných předních stran obou stehen při ruptuře m. rectus femoris. Zdroj: obrázek autora.

Tabulky

1. Hodnoty akustické impedance a rychlosti ultrazvuku ve vybraných prostředích. Zdroj: autorská modifikace (podle Navrátil L. et Rosina J., 2005).
2. Hypotetické morfolofické změny vybraných struktur dolní končetiny. Zdroj: tabulka autora.
3. Střední hodnoty věku a BMI u skupiny exponované a kontrolní. Zdroj: tabulka autora.
4. Morfologické abnormality ve studovaných skupinách. Zdroj: tabulka autora.
5. Ultrasonograficky naměřená výška distální femorální chrupavky v úrovni mediálního femorálního kondylu v exponované a kontrolní skupině. Zdroj: tabulka autora.
6. Ultrasonograficky naměřená výška distální femorální chrupavky v úrovni area intercondylaris v exponované a kontrolní skupině. Zdroj: tabulka autora.
7. Ultrasonograficky naměřená výška distální femorální chrupavky v úrovni laterálního femorálního kondylu v exponované a kontrolní skupině. Zdroj: tabulka autora.
8. Ultrasonograficky naměřený předozadní rozměr Achillovy šlachy v exponované a kontrolní skupině. Zdroj: tabulka autora.
9. Ultrasonograficky naměřená tloušťka plantární fascie v exponované a kontrolní skupině. Zdroj: tabulka autora.

11. PŘÍLOHY

1. Why do local corticosteroid injections work in carpal tunnel syndrome, But not in ulnar neuropathy at the elbow?
2. Výzkumný záměr (ClinicalTrials.gov NCT02907671, souhlas etické komise FBMI ČVUT: A005/016).
3. Titulní strana American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation (ročník 96, červenec 2017, číslo 7).

LETTERS TO THE EDITOR

WHY DO LOCAL CORTICOSTEROID INJECTIONS WORK IN CARPAL TUNNEL SYNDROME, BUT NOT IN ULNAR NEUROPATHY AT THE ELBOW?

We read the manuscript by Podnar and Omejec¹ with interest. They had commented on a study by vanVeen et al. and the role of corticosteroid injections for treatment of carpal tunnel syndrome.² However, we are not at all convinced that exact targeting of the median nerve in carpal tunnel syndrome is not necessary. The authors claimed that medication delivered close to the carpal tunnel suffices. However, Üstün et al. suggested earlier onset and better symptom relief in their ultrasound (US)-guided steroid injection group (targeting the median nerve) vs. the blind injection group.³

This suggests that thinning of the flexor tenosynovium may not be the only mechanism of action. Adhesions around the median nerve develop due to increased intra-tunnel pressure, long lasting edema of the median nerve, and impaired circulation.⁴ We believe that hydrodissection allows the injectate to encircle the median nerve; hence, adhesions around the nerve are disrupted mechanically, and the nerve becomes separated from potentially constricting surrounding connective tissues.⁵

In conclusion, we believe that successful results require an injection around the median nerve with hydrodissection using US-guided short-axis in-plane technique to be certain that the injectate is distributed beneath the flexor retinaculum.⁶ To prove this, a two-armed trial will be necessary, with the first group undergoing injection next to the median nerve and a second group undergoing injection without targeting the

median nerve. Lastly, regardless of the method used, we feel obliged to stress the necessity of median nerve ultrasound visualization throughout the injection. We believe this is of utmost importance for prevention of inadvertent direct needle damage to the median nerve.

Kamal Mezian, MD¹

Jan Bruthans, MD, PhD²

¹Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering, Department of Medicine and Humanities, city Kladno, Czech Republic

²Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering, Department of Biomedical Technology, city Kladno, Czech Republic

1. Podnar S, Omejec G. Why do local corticosteroid injections work in carpal tunnel syndrome, but not in ulnar neuropathy at the elbow? *Muscle Nerve* 2016;53:662–663.
2. vanVeen K, Alblas K, Alons I, Kerklaan J, Siegersma M, Westein M, et al. Corticosteroid injection in patients with ulnar neuropathy at the elbow: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Muscle Nerve* 2015;52:380–385.
3. Üstün N, Tok F, Yagz A, Kizil N, Korkmaz I, Karazincir S, et al. Ultrasound-guided vs. blind steroid injections in carpal tunnel syndrome. *Am J Phys Med Rehabil* 2013;92:999–1004.
4. Orman G, Ozben S, Huseyinoglu N, Duyum M, Orman K. Ultrasound elastographic evaluation in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: initial findings. *Ultrasound Med Biol* 2013;39:1184–1189.
5. Smith J, Wisniewski S. Sonographically guided carpal tunnel injections: the ulnar approach. *J Ultrasound Med* 2008;27:1485–1490.
6. Ata A, Şahin OŞ, Kara M, Özçakar L (2016). Ultrasound-guided injection of carpal tunnel. *Am J Phys Med Rehabil* 2016;95:22.

Published online 00 Month 2016 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI 10.1002/mus.25171

Výzkumný záměr: optimální cíl injekce s kortikosteroidem při léčbě syndromu karpálního tunelu.

Léčebný obstřik při idiopatickém syndromu karpálního tunelu je doporučován, pokud není indikace k časnému operačnímu výkonu a (jiná) konzervativní terapie nepřináší úlevu. Tyto závěry přináší oficiální doporučení Americké Ortopedické Akademie z 2/2016 (www.aaos.org/ctsguideline).

Z rešerše a nedávné diskuze v časopisu *Muscle & Nerve*¹⁻³ však plyne, že zatím není jednoznačný konsensus kam přesně léčivou směs aplikovat. Navrhujeme jednoduše zaslepenou randomizovanou studii s cílem přinést odpověď.

Skupina A: injekce mezi šlachy flexorů, bez přímého kontaktu injikované směsi s nervem (předpokládá účinek redukci edému tenosynovia flexorů)

Skupina B: do těsného okolí nervu, polovina směsi mezi nerv a retinaculum flexorum a zbytek mezi nerv a šlachy flexorů (navíc předpokládána hydrodisekce s disrupcí adhezí okolo nervu)

Jednoduché zaslepení: pacient bude zaslepen typu injekčního výkonu

Randomizace: obálková metoda

Vstupní kritéria: pacient si přeje léčebný obstřik, symptomy neodezní po (jiné) konzervativní terapii, není jasná indikace k časnému operačnímu výkonu

Intervence: všechny injekce provedené jedním lékařem atestovaným v obou Rehabilitační a fyzikální medicína, pod ultrasonografickou navigací ve zdravotnickém zařízení.

„Outcome“: 100mm VAS, procedurální VAS (bolestivost při výkonu), Bostonský dotazník (validovaný překlad připraven), Michigan Hand Outcomes dotazník (validovaný překlad připraven), sonografická CSA (plocha) n. medianus a EMG (jediným myografistou atestovaným v oboru Neurologie) – na začátku a po 12 týdnech, komplikace a nežádoucí účinky budou zaznamenány.

Kontroly s vyplněním dotazníků: na začátku, po 6 a 12 týdnech po injekci.

Odhadovaný počet pacientů: 50

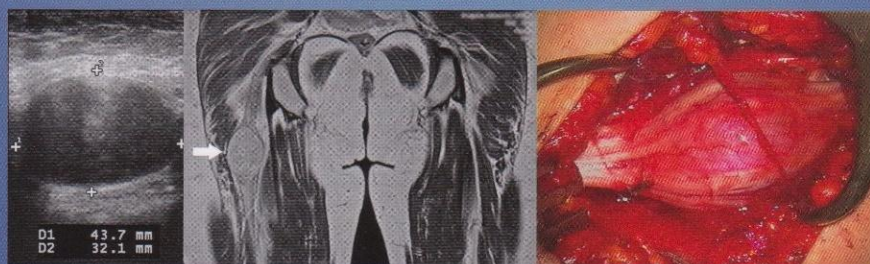
1. Podnar S, Omejec G. Why do local corticosteroid injections work in carpal tunnel syndrome, but not in ulnar neuropathy at the elbow? *Muscle Nerve*. 2016;53(4):662-663. doi:10.1002/mus.24956.

2. Mezian K, Bruthans J. Why do local corticosteroid injections work in carpal tunnel syndrome, but not in ulnar neuropathy at the elbow? *Muscle Nerve*. May 2016. doi:10.1002/mus.25171.

3. Bodor M, Rojo-Manaute JM, Podnar S. Reply. *Muscle Nerve*. May 2016. doi:10.1002/mus.25170.

AMERICAN JOURNAL OF Physical Medicine & Rehabilitation

www.ajpmr.com



Sonographic, magnetic resonance and perioperative appearance of sciatic nerve schwannoma.
© 2017 Wolters Kluwer Health, Inc. All rights reserved.

- CME: Specialized SCI Centers and Tetraplegia
- Looped Thread Carpal Tunnel Release
- Activity Limitation Stage and LTC Admission
- Daily Physical Activity Early After THA Surgery
- Stroke Community-Based Rehabilitation



Official Journal of the

Association of Academic Physiatrists

MENTOR. DISCOVER. LEAD.

An Official Journal of the Asociación Médica Latinoamericana de Rehabilitación

 Wolters Kluwer